

Ingeniería, Ciencia, Tecnología e Innovación en la Cadena de Conocimiento



Ingeniería, Ciencia, Tecnología e Innovación en la Cadena de Conocimiento / María Dolores Gracia Guzmán, Ricardo Tobías Jaramillo, Roberto Pichardo Ramírez, coordinadores .— Ciudad de México: Colofón; Universidad Autónoma de Tamaulipas 2019

234 págs. : il., gráficas ; 17 x 23 cm.

1. Minería de datos 2. 3. Industria portuaria – Innovaciones tecnológicas – Tamaulipas (Estado : México)

LC: QA76.9.A23 I53

DEWEY: 005.73 I53

Centro Universitario Victoria

Centro de Gestión del Conocimiento. Tercer Piso

Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149

consejopublicacionesuat@outlook.com

D. R. © 2019 Universidad Autónoma de Tamaulipas

Matamoros SN, Zona Centro Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000

Consejo de Publicaciones UAT

Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2948 • www.uat.edu.mx



Fomento Editorial Una edición del Departamento de Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Edificio Administrativo, planta baja, CU Victoria

Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT

ISBN UAT: 978-607-8626-38-0

Colofón

Franz Hals núm. 130, Alfonso XIII

Delegación Álvaro Obregón C.P. 01460, Ciudad de México

www.paralex.com/colofonedicionesacademicas@gmail.com

ISBN: 978-607-8663-90-3

Fotografía de portada: Pedro Oviedo Valdiosera

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuera el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento del Consejo de Publicaciones UAT.

Impreso en México • *Printed in Mexico*

El tiraje consta de 300 ejemplares

Este libro fue dictaminado y aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT mediante un especialista en la materia. Asimismo fue recibido por el Comité Interno de Selección de Obras de Colofón Ediciones Académicas para su valoración en la sesión del segundo semestre 2018, se sometió al sistema de dictaminación a “doble ciego” por especialistas en la materia, el resultado de ambos dictámenes fue positivo.

Ingeniería, Ciencia, Tecnología e Innovación en la Cadena de Conocimiento

María Dolores Gracia Guzmán
Ricardo Tobías Jaramillo
Roberto Pichardo Ramírez
Coordinadores

Lista de autores:

Eduardo Álvarez Navarro
Marcos Alfredo Azuara Hernández
Rodolfo Barragán Ramírez
Roberto Bautista García
Juan Enrique Bermea Barrios
José Francisco Cantú Dávila
Emilio Castán Rocha
José Antonio Castán Rocha
Evelia Concha Chávez
Marco Antonio Delgado Barrios
Isis Yolanda Galván Aguilar
Federico Gamboa Soto
Rodolfo Garza Flores
María Dolores Gracia Guzmán

Juan Carlos Guzmán García
Luis Jonás González del Ángel
Nora Hilda González Durán
Salvador Ibarra Martínez
Julio Laria Menchaca
Oscar Laureano Casanova
Juan Pablo López Pérez
Julio Mar Ortiz
María Elena Martínez García
Mónica Mongenyip Vela
Adriana Montoto González
Dionicio Morales Ramírez
David Ángel Moreno Ramos
Juan Antonio Olguín Murrieta

Ángel Francisco Olivera Zura
Julissa Pérez Cobos
Roberto Pichardo Ramírez
Blanca Patricia Rubio Lajas
Verónica Benigna Ruiz Campos
Homero Salas Papayonopolos
René Tinoco Mendiola
Ricardo Tobías Jaramillo
Mayra Guadalupe Treviño Berrones
Rocío Vargas Cruz
Eugenia G. Villarreal Snyder
Luis Álvaro Zavala



UJED



Consejo de
Publicaciones



Fomento
Editorial



COLOFÓN



Ing. José Andrés Suárez Fernández
PRESIDENTE

Dr. Julio Martínez Burnes
VICEPRESIDENTE

Dr. José Manuel Capello y García
SECRETARIO TÉCNICO

C.P. Guillermo Mendoza Cavazos
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González
VOCAL

Lic. Víctor Hugo Guerra García
VOCAL

Consejo Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. Lourdes Arizpe Slogher • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada, España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla, España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio, E.U.A. | **Dr. Darío Páez** • Universidad del País Vasco, España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional, México | **Dr. Aroldo Rodríguez** • University of California at Fresno, E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte, México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela, España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo, Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN, Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana, México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada, España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara, México | **Dr. Juan Enrique Marcano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio, Colonia, Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I, Valencia, España | **Dr. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla, España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid, España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas** • Universidad Diego Portales, Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta** • Universidad Nacional Autónoma de México

Índice

Prólogo	13
Parte I. Reconocimiento de patrones y minería de datos	17
Capítulo 1	19
El reconocimiento de voz como alternativa de inclusión para discapacitados auditivos en un entorno educativo	
1.1 Introducción	19
1.2 Fundamentos	21
El reconocimiento de la voz como innovación tecnológica en pro de la inclusión	21
Reconocimiento del discurso automático	22
1.3 Técnicas computacionales para el reconocimiento de la voz	24
Modelo Oculto de Márkov (HMM)	24
Motores de reconocimiento de voz	25
SAPI	25
API para reconocimiento de voz en iOS	26
API Google Cloud Speech	27
API Dragon Naturally Speaking	28
1.4 Propuesta	28
1.5 Conclusiones	30
Lista de referencias	32
Capítulo 2	35
Identificación de factores incidentes en la deserción temprana dentro de Instituciones de Educación Superior: Un enfoque de minería de datos	
2.1 Introducción	36
2.2 Técnicas de minería de datos	37
2.3 Metodología	38
Transformación	38
Minería de datos	40
Interpretación y evaluación de los datos	42
2.4 Comparación de métodos CHAID y ID3	42
Método CHAID	42

Método ID3	42
2.5 Conclusiones	44
Lista de referencias	45
Capítulo 3	47
Sistema para la medición y diagnóstico de la condición de máquinas rotativas	
3.1 Introducción	48
3.2 Metodología	49
3.3 Descripción del sistema	51
Arquitectura del sistema	51
Arquitectura del software	53
3.4 Conclusiones	60
Lista de referencias	62
Parte II. Industria portuaria	62
Capítulo 4	65
Impacto de las actividades económicas en México sobre la demanda de servicios portuarios de 1996 al 2015	
4.1 Introducción	66
4.2 Fundamentos	66
Movimientos portuarios y economía	66
4.3 Metodología	68
Estimaciones	69
4.4 Conclusiones	73
Lista de referencias	74
Capítulo 5	75
Impacto del Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2016-2021 del puerto de Tampico sobre el nivel de agua del río Pánuco	
5.1 Introducción	76
5.2 El puerto de Tampico	76
Descripción y características	76
Vocación del puerto	78
Empresas instaladas	79
Terminales públicas	80
5.3 Programas maestros de desarrollo portuario en Tampico	80
PMDP 1994-2016	80

PMDP 2016-2021	82
5.4 El dragado	82
El dragado en los puertos del Golfo de México	82
El dragado en el puerto de Tampico	83
Efectos de la falta de dragado en el puerto de Tampico	84
El efecto de la marea alta en el río Pánuco	84
Zonas vulnerables a inundaciones	85
5.5 Estudio del nivel de riesgo de inundación	86
Objetivo	86
Análisis de fundamentos	86
Resultados	87
5.6 Conclusiones	88
Lista de referencias	89
Capítulo 6	91
Aplicación de Árboles de Decisión para determinar la entrada de camiones en Terminales de Contenedores	
6.1 Introducción	91
6.2 Árboles de decisión ID3	94
Índice de Shannon	95
6.3 Conclusiones	99
Lista de referencias	100
Parte III. Competitividad, marketing y estilo de vida	101
Capítulo 7	103
Las experiencias de ocio en jóvenes universitarios, una mirada desde su estilo de vida	
7.1 Introducción	104
Experiencias de ocio	106
Ocio serio	107
Ocio casual	108
7.2 Metodología	110
7.3 Resultados	110
Análisis e interpretación de los resultados	117
7.4 Conclusiones	119
Lista de referencias	120

Capítulo 8	121
Estrategias del Marketing Educativo para incrementar la matrícula en Instituciones Educativas de Nivel Superior	
8.1 Introducción	122
8.2 Marketing Educativo	122
8.3 Método	128
8.4 Resultados	129
Análisis de costos	129
Encuesta de efectividad de estrategias de mercadotecnia	129
8.5 Conclusiones	132
Lista de referencias	134
 Capítulo 9	 135
La Responsabilidad Social aplicada como estrategia de publicidad en pequeñas empresas de la Zona Sur de Tamaulipas	
9.1 Introducción	136
Descripción del problema	136
Planteamiento del problema	137
Justificación	137
9.2 Fundamentos	138
9.3 Metodología	145
9.4 Resultados	147
9.5 Discusión	149
9.6 Conclusiones	150
Lista de referencias	152
 Parte IV. Diseño experimental y análisis de materiales	 153
Capítulo 10	155
Análisis del impacto mecánico de la adición de materiales reciclables en el concreto hidráulico y su desarrollo evolutivo	
10.1 Introducción	156
10.2 Fundamentos	156
10.3 Metodología	157
Estado del arte	157
10.4 Resultados	160
10.5 Discusión	166
Lista de referencias	169

Capítulo 11	171
Análisis de la variación e identificación de causas raíz para mejorar el proceso productivo en una empresa petroquímica	
11.1 Introducción	172
11.2 Fundamentos	172
11.3 Metodología	174
11.4 Resultados	176
11.5 Conclusiones	177
Lista de referencias	180
Parte V. Desarrollo sustentable	181
Capítulo 12	183
Mapeo y estimación de residuos de electrodomésticos voluminosos en Tampico	
12.1 Introducción	184
12.2 Revisión de literatura	185
12.3 Metodología	186
12.4 Discusión de resultados	187
12.5 Conclusiones	189
Lista de referencias	190
Capítulo 13	191
La huella de carbono y alternativas de mitigación en el sector Transporte	
13.1 Introducción	192
13.2 Fundamentos	193
Contaminación del aire	193
Gases de Efecto Invernadero (GEI)	194
Tipos de gases de efecto invernadero	194
Cambio Climático	196
Cumbres de Cambio Climático	197
Implicaciones del transporte en el cambio climático	198
Importancia relativa de las emisiones de fuentes vehiculares	201
Caracterización de la flota vehicular	201
Subsector transporte y GEI	202
Estudios previos de GEI en Tamaulipas	203
Subsector transporte en Tamaulipas	205
13.3 Metodología	209

Muestreo	210
Recolección de la información	211
Aplicación de los protocolos del IPCC	211
13.4 Propuesta aplicación de protocolos IPCC	217
Región Sur	217
13.5 Conclusiones	218
Lista de referencias	220
Capítulo 14	223
La importancia de la Conciencia Ambiental, la Conducta Sustentable y las Barreras Contextuales para la formulación de modelos de Educación Pro Ambiental	
14.1 Introducción	224
14.2 Fundamentos	225
La Conciencia Sustentable y Conducta Ecológica	225
Autoconocimiento y condiciones actuales de vida	227
14.3 Metodología	228
Influencias contextuales	228
14.4 Propuesta CA y CE en la Educación Ambiental	229
14.5 Conclusiones	231
Lista de referencias	233

Prólogo

El proceso creativo que implica el desarrollo de proyectos de investigación y la publicación de sus resultados en productos sólidos como artículos, libros y capítulos de libro, requiere de un exhaustivo y constante trabajo de todos los involucrados en los grupos investigación y de las instituciones donde se encuentran adscritos. La redacción y publicación de manuscritos académicos es un reflejo palpable de los estudios realizados por los investigadores y grupos de investigación en las distintas áreas del saber, pues de manera directa son generadores de conocimiento ya sea nuevo o aplicado, e indirectamente reflejan la calidad y el nivel académico de las distintas instituciones.

No es de sorprender que las mejores universidades del mundo estén ubicadas en países con una clara política de ciencia y tecnología, donde el porcentaje del PIB destinado a investigación y desarrollo supera el 2.00%. En promedio, los países de América Latina y el Caribe destinan menos del 0.30% del PIB en investigación y desarrollo; en comparación a la media de los países de la Unión Europea (2.05%), y de la media mundial (2.13%), donde Japón (3.39%) y Corea del Sur (4.03%) son líderes absolutos, según datos del Banco Mundial (<http://data.worldbank.org/indicador>). Los países de la región latinoamericana que mayor porcentaje del PIB invierten en investigación y desarrollo son Brasil (1.21%) y Argentina (0.65%); mientras que México en 2015 destinó solo el 0.55%.

Sin embargo, el PIB porcentual destinado a ciencia y tecnología es solo uno de los indicadores que merece ser analizado para obtener una panorámica del estado actual de ciencia y tecnología que existe en nuestra región. Si analizamos las convocatorias de los últimos tres años lanzadas por los consejos o ministerios de ciencia de cada nación con el fin de atender a problemas nacionales podemos observar en países latinoamericanos que aún existe la necesidad de erradicar la desigualdad social, la violencia de género y asegurar cuestiones básicas de salud y alimentación. Mientras que en países desarrollados la preocupación se centra en cómo lograr sociedades de conocimiento y la incorporación de las tecnologías de información y comunicación en beneficio del ser humano.

Como investigadores debemos tener el compromiso de aplicar la ciencia para mejorar la condición humana, generando conocimiento al resolver los problemas que nuestra sociedad requiere para crear bienestar. Lamentablemente, el común denominador de los países latinoamericanos sigue siendo la baja inversión en ciencia, innovación y tecnología. Situación que debe cambiar si se aspira a un

mayor ritmo de crecimiento económico. Más aún, es necesario medir el impacto de la investigación; es decir, como los resultados de las investigaciones se ven capitalizadas en mejores productos, servicios y en general en un mayor bienestar para la población (por ejemplo mejores empleos y calidad de vida) y el país (mayor crecimiento económico).

La idea fundamental del libro es la difusión de resultados y avances de investigaciones desarrollados por profesionales y académicos de la Zona Sur de Tamaulipas, en las áreas de la ciencia y tecnología, innovación, y desarrollo personal.

Bajo el título de Ingeniería, Ciencia, Tecnología e Innovación en la Cadena de Conocimiento, más de 30 autores plasman su experiencia y conocimiento en 14 capítulos distribuidos en cinco apartados sobre los temas referidos. Cada capítulo es auto contenido, y representa una unidad de aprendizaje, por lo que cada capítulo tiene su razón de ser, y en su conjunto dan cumplimiento al propósito general del libro. Cada capítulo es resultado de un trabajo de investigación desarrollado por profesores e investigadores adscritos a cuerpos académicos.

Esta obra se dirige a estudiantes de licenciatura en diversas áreas de la Ingeniería Industrial. El propósito principal consiste en brindar un panorama general de la aplicación de algunas de las principales metodologías de las cuales disponen los ingenieros para el desarrollo de innovaciones y análisis de situaciones de interés general.

Dr. Julio Mar Ortiz
Investigador en Logística y Optimización Portuaria

Contenido

Parte I. Reconocimiento de patrones y minería de datos

- El reconocimiento de voz como alternativa de inclusión para discapacitados auditivos en un entorno educativo
- Minería de datos en la identificación de factores incidentes en la deserción temprana en Instituciones de Educación Superior
- Sistema para la medición y diagnóstico de la condición de máquinas rotativas

Parte II. Industria portuaria

- Impacto de las actividades económicas en México sobre la demanda de servicios portuarias de 1996 al 2015
- Impacto del programa maestro de desarrollo portuario 2016-2021 del puerto de Tampico en el nivel de agua del río Pánuco en la zona conurbada Tampico-Madero
- Aplicación de árboles de decisión para determinar la entrada de camiones en terminales de contenedores

Parte III. Competitividad, marketing y estilo de vida

- Las experiencias de ocio en jóvenes universitarios, una mirada desde su estilo de vida
- Estrategias del marketing educativo para incrementar la matrícula en instituciones educativas de nivel superior
- La responsabilidad social aplicada como estrategia de publicidad en pequeñas empresas de la zona sur de Tamaulipas

Parte IV. Diseño experimental y análisis de materiales

- Análisis del impacto mecánico de la adición de materiales reciclables en el concreto hidráulico y su desarrollo evolutivo
- Análisis de la variación e identificación de sus causas para mejorar el proceso productivo en una empresa petroquímica en el municipio de Altamira, Tamaulipas, México

Parte V. Desarrollo sustentable

- Mapeo y estimación de residuos de electrodomésticos voluminosos en Tampico, Tamaulipas
- La huella de carbono y alternativas de mitigación: Sector transporte en Tamaulipas, México
- La importancia de la conciencia ambiental y la conducta sustentable y las barreras contextuales para la formulación de modelos de educación pro ambiental.

Parte I

Reconocimiento de patrones y minería de datos

- Cap. 1 El reconocimiento de voz como alternativa de inclusión para discapacitados auditivos en un entorno educativo
- Cap. 2 Minería de datos en la identificación de factores incidentes en la deserción temprana en Instituciones de Educación Superior
- Cap. 3 Sistema para la medición y diagnóstico de la condición de máquinas rotativas

Capítulo 1

El reconocimiento de voz como alternativa de inclusión para discapacitados auditivos en un entorno educativo

*Adriana Montoto González¹
Eduardo Álvarez Navarro²
David Ángel Moreno Ramos³
Roberto Bautista García⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: amontoto@docentes.uat.edu.mx

Resumen

El reconocimiento de la voz es una técnica capaz de convertir el discurso de una persona en texto digitalizado. Por lo que hacer uso de esta técnica podría llegar a facilitar la inclusión de estudiantes con discapacidad auditiva dentro de un entorno educativo tradicional. Dado que dentro del entorno la colaboración y el dialogo forman parte fundamental en la formación de los estudiantes. Esta investigación presenta una propuesta para asistir la comunicación entre un estudiante con discapacidad auditiva y el docente, a fin de lograr la inclusión de este tipo de estudiantes dentro del aula. Para lograrlo es necesario definir la técnica de reconocimiento de voz adecuada para la interacción. Así, este documento analiza las técnicas más populares para determinar la que mejor se adapte a los requerimientos y a los recursos tecnológicos que habitualmente existen dentro del aula.

Palabras clave: Reconocimiento de voz • Discapacidad auditiva • Entorno educativo

1.1 Introducción

El concepto de inclusión que frecuentemente es usado dentro de los sistemas de educación se enfoca principalmente en adaptar los estilos de aprendizaje a la manera de aprender y a las habilidades de los estudiantes. Sin embargo, una inclusión

^{1,2} Estudiante del Doctorado en Ciencias Computacionales

^{3,4} Estudiante del Doctorado en Medio Ambiente

educativa abarca mucho más que eso. La inclusión educativa constituye un proceso vinculado a la transformación profunda de los sistemas educativos establecidos. De modo que en la educación formal (y no formal) se promueva y asegure la defensa de la dignidad e igualdad de todos los alumnos, como derechos inalienables, desde el reconocimiento y respeto de su diversidad (Etxebarría, 2004).

Para lograr una inclusión educativa como tal, hace falta adaptar el entorno educativo a las limitaciones que presentan algunos estudiantes, con el fin de cubrir sus necesidades dentro del aula. Más aún si alguno de estos presenta una discapacidad auditiva la cual imposibilita a una persona en la percepción de sonido; debido a que este tipo de problemática produce que las capacidades de comunicación en este tipo de estudiantes difieran mucho en comparación al resto de los estudiantes. Carecer del sentido para escuchar en la mayoría de las ocasiones desencadena una afectación en la habilidad para hablar. No obstante, una persona que sufre discapacidad auditiva tiene una preparación desde temprana edad que le permite comunicarse. Su comunicación no se da de la manera habitual, sino que su lenguaje se constituye de movimientos en brazos, manos y dedos, a lo cual se le denomina lenguaje de señas.

Lamentablemente como sociedad no estamos capacitados para hablar ni interpretar este lenguaje. Por consiguiente, esta situación produce barreras en la comunicación y obstaculiza la integración de los discapacitados auditivos principalmente en el entorno educativo. Debido a que este contexto involucra una cierta estructura para establecer el proceso de comunicación en la que las habilidades para hablar y escuchar forman parte fundamental en la recepción y transmisión de información. Por tal motivo el proceso enseñanza-aprendizaje tradicional excluye de la participación a los discapacitados auditivos. Incluso los materiales, las herramientas y los métodos de enseñanza no son los adecuados para hacer frente a este tipo de situación. Por tanto, los estudiantes con discapacidad auditiva suelen quedar excluidos dentro del aula. Por otro lado, hoy en día la tecnología aparece como una alternativa dedicada a mejorar la calidad de vida de las personas que cuentan con impedimentos físicos, brindándoles nuevas oportunidades en la interacción con los demás y con el entorno.

La computación ubicua es una rama de las ciencias computacionales que ha venido favoreciendo este tipo de situaciones. Enfocando desarrollos tecnológicos en pro de la discapacidad mediante la integración de elementos informáticos e interfaces adaptativas a los requerimientos y limitaciones físicas de las personas. Trazando siempre como objetivo compensar su condición por medio del empleo de innovaciones tecnológicas. Estos avances tecnológicos permiten abordar las cuestiones implicadas dentro de la discapacidad auditiva desde diferentes perspectivas. A través del uso de herramientas que incorporan potenciales técnicas

en el reconocimiento ya sea de imágenes o de voz (Rabiner y Schafer, 2007); sin embargo, desde nuestra perspectiva el reconocimiento de la voz resulta una buena alternativa para dar solución a los inconvenientes dentro del aula de clases.

Puesto que hace posible la producción de información visual mediante la conversión de la voz, lo cual se apega más al lenguaje que emplea este tipo de discapacitados. Por tal motivo esta investigación realiza un análisis de las técnicas más populares asociadas al reconocimiento de la voz, con la finalidad de proponer el desarrollo de una aplicación que consiga la conversión del discurso del docente a texto, en apoyo a la inclusión de los estudiantes con discapacidad auditiva dentro del entorno educativo.

1.2 Fundamentos

El reconocimiento de la voz como innovación tecnológica en pro de la inclusión

El proceso de conversión de la voz ha dado paso al desarrollo de aportaciones tecnológicas verdaderamente relevantes en cuanto a traducción se refiere. Este tipo de contribuciones las podemos ver implementadas en apoyo a la inclusión de personas con discapacidades, porque les ofrece una nueva forma de interacción usuario-maquina. Hoy en día podemos experimentar la manipulación simplificada de dispositivos comerciales que contienen aplicaciones que actúan bajo el reconocimiento de voz.

Las innovaciones tecnológicas buscan alcanzar una interacción más natural y el reconocimiento de voz aparece como una buena opción. Incluso los portales con mayor popularidad en internet ya lo incorporan, aprovechando los atributos que forman parte de esta herramienta. La forma de llevar a cabo actividades cotidianas ha cambiado. Desde la traducción gramatical de un idioma a otro, la interacción de aparatos electrónicos en el hogar, hasta la forma de operar un teléfono se ha vuelto una tarea más sencilla para aquellos que les es imposible hacerlo manualmente.

Google Translate es un ejemplo de un sistema fundamentado en una máquina traductora, además de aplicar técnicas de aprendizaje estadístico para construir el lenguaje y la traducción (Duarte et al., 2014). Por su parte las plataformas Android, Microsoft y Apple operan dispositivos incorporando el reconocimiento de la voz para proveer determinados funcionamientos y búsquedas mediante la voz. En referencia al tema de nuestra investigación la Universidad de Santa María se ha dedicado a promover estos aspectos por años. Su propósito ha sido mejorar la experiencia de aprendizaje, mediante la digitalización del discurso a texto.

El proyecto de la Universidad de Santa María establece la proyección de la conversión de la voz del docente a texto sobre pantallas como soporte para las cátedras y las conferencias. Esto mismo ha facilitado tomar notas y generar un impacto positivo en estudiantes que sufren de dificultades para realizar anotaciones

debido a su discapacidad (Bain et al., 2002). Es importante mencionar que, si se pretende trabajar con el reconocimiento de voz, éste permite producir traducciones bajo dos modalidades. La traducción de voz a texto es una de ellas y la otra es la emisión de comandos de voz. Cabe mencionar que la aplicación de alguna de estas modalidades dependerá de la estrategia que se desea implementar en una determinada situación.

Sin lugar a duda los ejemplos anteriormente mencionados certifican que el reconocimiento de voz en cualquiera de sus modalidades juega un papel importante en la inclusión de la población con limitaciones físicas. Por lo tanto, eliminar los inconvenientes que se presentan en la comunicación de los discapacitados auditivos ya no es imposible, si se estructura la integración adecuada de las innovaciones tecnológicas que son cada vez más acordes a los requerimientos sociales.

Reconocimiento del discurso automático

Existen técnicas de reconocimiento de voz comerciales y de libre acceso que permiten la conversión del lenguaje natural a texto digitalizado de forma automática. Sin embargo, sin importar la técnica a considerar para la generación del discurso automático, es importante conocer que hay una serie de factores a contemplar para lograr el éxito esperado:

1. La fonética en el discurso, puesto que cada persona habla de un modo diferente.
2. Ruidos en el ambiente.
3. Variantes en la conversión de las palabras, debido a la existencia de sinónimos o modismos.
4. La precisión en la conversión del discurso, considerando los aspectos anteriormente mencionados

El tratamiento de estos elementos conducirá a la conversión adecuada del discurso, tomando en cuenta que cada uno de ellos forma parte fundamental del funcionamiento de un sistema que incorpora el reconocimiento de voz (véase Figura 1.1).



Figura 1.1 Factores a considerar en la conversión de la voz

No obstante, los factores mencionados suelen estar ya incorporados dentro de las máquinas traductoras que existen en el mercado. Dichas máquinas traductoras suelen formar parte de algunas plataformas de desarrollo, pero para lograr el proceso de conversión más óptimo se requiere trabajar en la base de datos gramatical y contar con los dispositivos apropiados que auxiliarán en el proceso (véase Figura 1.2).

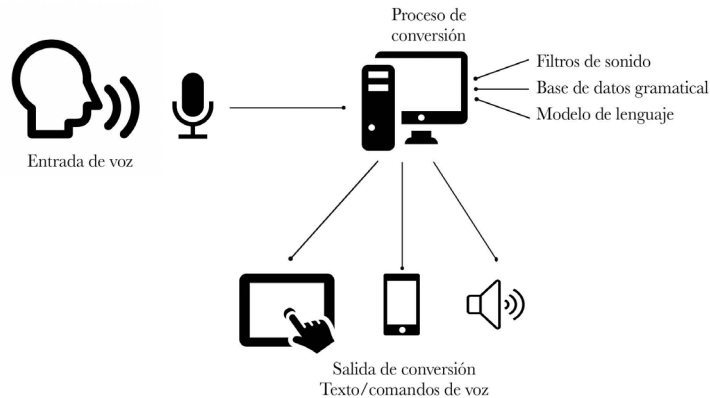


Figura 1.2. Elementos inmersos en el proceso de conversión por máquina traductora

Existe la opción de trabajar en la codificación de los procesos para lograr la conversión de la voz a través de la implementación de modelos y algoritmos que brinden la transformación, aunque de una forma un poco más complicada. Es importante saber que considerar los factores que influyen en el proceso de conversión y la selección de dispositivos a aplicar en el desarrollo computacional no podrá determinar el éxito en la conversión del discurso, pues es necesario tener en claro el tipo de solución que se quiere ofrecer al usuario final. Es decir, planificar que ésta sea la que mejor se adapte a la problemática.

Lo que implicará trabajar en la salida de información, de acuerdo al tipo de modelo a emplear ya sea Léxico o Acústico y la decisión en cuanto a los dispositivos que soportarán la información (véase Figura 1.3).

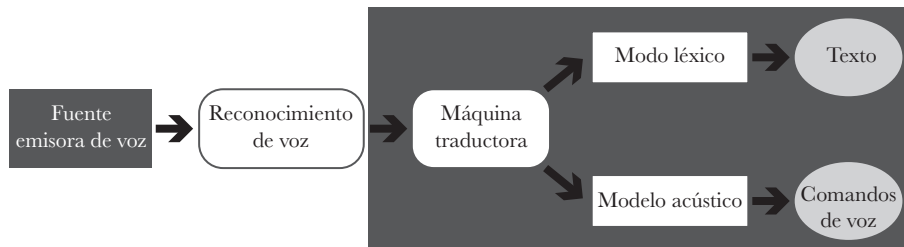


Figura 1.3 Modelos a implementar de acuerdo al tipo de salida de información planificada

1.3 Técnicas computacionales para el reconocimiento de la voz

Numerosas son las posibilidades en cuanto a la implementación de código de programación para el desarrollo de un sistema basado en el reconocimiento de la voz. Sin embargo, al igual que otras tecnologías existen variantes que determinarán las ventajas y desventajas en su incorporación como parte de nuestra codificación. No obstante, analizar cada una de las opciones nos permitirá definir cuál de todas ellas es la más conveniente, no solo por sus atributos sino por los conocimientos previos que pudiera demandar. Los indicios de proyectos que ya han sido creados y probados por otros investigadores basados en alguna técnica para la conversión de la voz servirán como referencia a nuestra propia investigación, aunque el propósito final sea distinto. Por lo que a continuación comenzaremos a detallar cada una de las técnicas para la implementación de un sistema reconocedor de voz, que a su vez sean proyectos que buscan promover la inclusión de personas con discapacidad desde diferentes perspectivas.

Modelo Oculto de Markóv (HMM)

Llevar a cabo la interacción entre el ser humano y los dispositivos en cualquier momento y desde cualquier lugar es posible tras la concepción de la computación ubicua. La computación ubicua ha venido a facilitar la dispersión de elementos computacionales y la comunicación entre estos de formas inalámbricas (Matthew, 2011). Dando origen a la exploración de técnicas y modelos que permitieron en gran medida el surgimiento de interacciones más naturales. Por consiguiente, el Modelo Oculto de Markov aparece como una buena alternativa para lograrlo, no solo eso, sino que además ha venido a enriquecer el desarrollo de aplicaciones que impulsan la inclusión de personas con edad avanzada o con discapacidad.

La aplicación de este modelo lo podemos ver plasmado en el desarrollo de LSESpeak, un sistema apoyo para personas sordas. Dicho sistema integra dos herramientas principales: un traductor del lenguaje de signos a voz usando el habla española y un SMS (Servicio de Mensajes). La primera herramienta se compone de una interfaz visual donde una persona sorda puede especificar una secuencia de signos, mientras se realiza la conversión en secuencia de palabras y finalmente un texto emocional (TTS) realiza su conversión a voz (López-Ludeña et al., 2013).

El Modelo Oculto de Markov también se puede emplear en la generación de sistemas que ayuden en las necesidades de personas con edad avanzada. Por ejemplo, con la identificación de emergencias dentro del hogar mediante el reconocimiento de la voz. Sirviéndose de las señales de audio, de tal modo que el sistema capture las llamadas de socorro por voz para activar la comunicación con las unidades de emergencias (Principi et al., 2015). Sin lugar a dudas el Modelo

Oculto de Markov es aplicado para reconocer comportamientos mediante patrones específicos, pero para entender mejor su funcionalidad explicaremos como actúa.

El habla se compone de un conjunto de palabras ordenadas en forma simultánea, lo que hace posible su almacenamiento dentro de una base de datos con el fin de realizar su debida decodificación, pero para lograrlo es necesario un sistema que realice esta tarea. El sistema será el encargado de decodificar cada palabra mediante la extracción y análisis de cada vector que se tiene como entrada. Una vez logrado esto se procede a determinar la mayor probabilidad de incidencia para cada una de las entradas, lo que permite producir una exactitud de los resultados (Ayres y Nolan, 2006).

Exactitud en la conversión de la voz es donde radica el éxito del Modelo Oculto de Markov, por lo que diversos investigadores emplean este modelo con el objetivo de obtener los mejores resultados a partir del sonido del habla. El inconveniente principal de este modelo se establece a partir de su implementación debido a que requiere de un mayor trabajo en la elaboración de codificación en comparación con otras técnicas. Por lo tanto, si lo que busca un investigador es realizar la conversión de voz de una forma más sencilla definitivamente es preciso manipular un motor de reconocimiento.

Motores de reconocimiento de voz

Los motores de reconocimiento de voz suelen estar constituidos por rutinas y subrutinas que son posibles de incorporar en nuestro propio desarrollo con la capacidad de efectuar reconocimiento de voz. De algún modo es compatible al propósito que planteamos en nuestra investigación, sin embargo, optaremos por evaluar algunos de estos motores para estimar sobre qué tipo de plataforma es posible poner en marcha la aplicación que estamos por desarrollar. Actualmente tecnologías como Google, Apple y Microsoft ofrecen motores para trabajar en el reconocimiento de voz bajo libre distribución, pero además empresas como Nuance proveen la oportunidad de incorporar su motor solo que a través de un costo. *Examinemos los motores más populares.*

SAPI

La empresa Microsoft crea un conjunto de interfaces capaces de facilitar las tareas de aquellos programadores que tienen inclinación por la implementación de aplicaciones para ejecutarse sobre su sistema operativo Windows. Entre sus herramientas está SAPI (Interfaz de programación de aplicaciones de voz) cuyo objetivo principal tiene producir de forma automática el reconocimiento y síntesis de la voz desde nuestra aplicación, ofreciéndonos la posibilidad de hacerlo a través de

diversos lenguajes de programación (https://biblprog.com/en/speech_api/). No obstante, SAPI limita su servicio a desarrollos dirigidos a operar sobre equipos de escritorio; sin embargo, posibilita la conversión del discurso a texto de forma rápida y gratuita. Es importante considerar los requerimientos tecnológicos que demanda esta interfaz, demanda por lo menos un dispositivo de entrada. Este dispositivo debe encargarse de capturar la voz mediante uno o más micrófonos conectados permanentemente a una computadora personal. La computadora junto con el sistema serán los encargados de procesar la conversión del discurso capturado, por último requiere de un dispositivo de salida que reúna las características que solicite el tipo de conversión resultante. SAPI resulta un motor lo bastante apropiado para experimentar la conversión del habla bajo sus diferentes modalidades, es por eso que diversas investigaciones alrededor del mundo trabajan sobre esta interfaz.

Explorando este tipo de implementación es que el Departamento de Ciencias de la Computación en Bangladesh logra la conversión que la lengua Bangla sea digitalizada a texto, mediante una herramienta compuesta por SAPI. Posteriormente evalúan su efectividad sometiéndola a un estudio experimental. Después de capturar un discurso continuo consiguen producir su conversión a texto sobre un documento, obteniendo como resultado un 78% de precisión (Sultana et al., 2012). Esto demuestra que hace falta trabajar en la parte gramatical y no conformarse con la información que produce SAPI y así lograr la coincidencia planificada. Por lo cual podemos deducir que la interfaz SAPI debe ser enriquecida con ajustes desde el desarrollo de la programación que respalden su integración. Lo que demuestra que incorporar la interfaz como motor de reconocimiento de voz resulta una buena alternativa en el propósito que nos planteamos el cual se limita a apoyar a personas con discapacidad auditiva en un entorno educativo.

API para Reconocimiento de Voz en iOS

Incorporar interfaces de programación se ha vuelto tendencia y favorece a los desarrolladores en la automatización de sus propias codificaciones, mediante la reutilización de código que permite agregar funcionalidades en el diseño y desarrollo de código. Es por eso que compañías dedicadas a la producción de servicios de desarrollo se han inspirado en la integración de este tipo de interfaces, incluyendo a la empresa Apple. Dicha compañía nos ofrece la capacidad de convertir la voz de forma automática mediante una API, la cual permite la interacción por voz de los dispositivos y de las aplicaciones de la marca. Incluso la búsqueda de información en los dispositivos de Apple se ha mejorado, gracias a la asistencia de lo que hoy día conocemos como Siri que opera mediante la detección de la voz. La API de reconocimiento de voz en iOS puede realizar la conversión de

la voz transcribiéndola a texto, dicha conversión se realiza de acuerdo al idioma configurado en el sistema operativo.

Entre sus beneficios principales se encuentra el soporte de audio pregrabado, una alta precisión de traducción gracias a sus más de 50 idiomas, pero también cuenta con inconvenientes, como restricción en el número de conversiones por día, conexión constante a red y establecer como máximo un minuto por entrada de audio. (<http://www.enlume.com/ios-10-speech-recognition-api-convert-voice-text/>). Otro punto importante a tomar en consideración es la asignación de permisos para activar la entrada de voz, en caso contrario permanecerá desactivado. Además, es probable que surjan errores en el texto debido a las fallas en la conexión a red y la comunicación con los servidores de Apple los cuales gestionan la transferencia del texto en el idioma correspondiente (<https://developer.apple.com/documentation/speech>).

Aunque el funcionamiento de la API de Apple todavía está muy lejos de catalogarse entre las mejores interfaces para reconocimiento de voz no deja de ser una opción. Por consiguiente, algunos investigadores aseguran que existen mejores API para el reconocimiento de voz en el mercado, puesto que el motor de Apple carente de precisión debido a que no logra controlar la pronunciación o lo hace de una manera ineficiente lo que origina alteración en el texto final. (Lampert, 2004).

API Google Cloud Speech

Google en una iniciativa por prevalecer como el sistema con mayor presencia entre los dispositivos portables, otorga a los desarrolladores las directrices necesarias para implementar el reconocimiento de voz a través de su API. La API denominada como Google Cloud Speech facilita la traducción del discurso a texto independientemente si la voz se está produciendo justo en el momento o si previamente se almacenó en la nube. Incorporar esta API en nuestra propia codificación facilita la producción de la información que estamos planificando. Puesto que añade potenciales modelos de redes neuronales los cuales permiten una excelente captura de la voz evitando ruidos externos. Ofrece con ello una alta precisión en la conversión del habla; además de su gran gama de vocabulario es lo que hacen de esta API una herramienta idónea para la conversión de la voz a texto. (<https://cloud.google.com/speech/?hl=es>).

Aun con todas las ventajas que nos ofrece la API de Google, ésta fue puesta en comparación contra Sphinx la finalidad fue su rendimiento a través de oraciones dentro del sistema de autobuses. Entre los resultados que se obtuvieron se demostró que utilizar Sphinx agrega optimización a diferencia de la API de Google (Lange y Suendermann-Oeft, 2014). Queda claro que comercialmente podemos encontrar una diversidad de motores para el reconocimiento de la voz, pero lo que marcará

la pauta para decidir con qué producto trabajar será aquel que más se apegue a nuestras necesidades. Por esta razón es que existen investigaciones dirigidas a la evaluación de motores de reconocimiento de voz, con la finalidad de deducir a partir de sus pros y contras cuál de ellos es el mejor y se adapta más a cada propósito.

API Dragon Naturally Speaking

Si nuestro objetivo primordial es producir una aplicación con la capacidad de mostrar el texto resultante del discurso continuo olvidándonos de los detalles en cuanto a reconocimiento de voz se refiere, la API de Dragon Naturally Speaking es la solución óptima a nuestras necesidades. La empresa Nuance líder en ventas, ofrece por medio de sus productos la posibilidad de acceder a diversos recursos dirigidos al reconocimiento de la voz con un costo implícito el cual dependerá del alcance de cada una de ellas. A diferencia de otras interfaces la capacidad que encontramos en Dragon Naturally Speaking es su gran potencialidad de conversión, esto es resultado de los años de trabajo en el tratamiento y síntesis de la voz por parte de Nuance. Por otro lado, para poder trabajar con ella el presupuesto del desarrollador podría ser la limitante para su integración.

La principal finalidad de Dragon Naturally Speaking es aumentar la productividad dentro del sector empresarial a través del dictado lo que viene a automatizar el modo tradicional por entrada de teclado (<http://www.nuance.es/dragon/index.htm>). El reconocimiento de voz abarca una gran gama de perspectivas a abordar, incluyendo el contexto de la salud, prueba de ello es la localidad de Ontario, Canadá, donde se ubican los Departamentos de Radiología y Medicina en Hamilton Health Sciences. Ahí se presentó Dragon Naturally Speaking para que los médicos compararan con el proceso de dictado convencional (Issenman y Jaffer, 2004).

1.4 Propuesta

Puesto que el docente experimenta una situación complicada en el interior del aula cuando alguno de los alumnos presenta discapacidad auditiva. Buscamos proponer una alternativa que promueva su inclusión e impacte en su comunicación. La propuesta plantea el diseño de un sistema que contenga como principal componente el reconocimiento de voz que permita transformar el discurso hablado en texto. La aplicación del sistema se especifica para funcionar dentro del aula y es aplicable a cualquier asignatura. Su funcionamiento no requerirá de algún conocimiento en particular y se espera se centre en los recursos tecnológicos que regularmente se encuentran dentro del aula. Nuestra motivación se fundamenta en

las nuevas políticas que establecen que toda persona tiene derecho a la educación, sin importar su condición. Se considera que diversas Instituciones de Educación Superior alrededor del mundo no están preparadas y por lo tanto es necesario establecer estrategias de inclusión.

Entre estas instituciones se encuentra la Universidad Autónoma de Tamaulipas con sede en la Zona Sur, la cual presenta una población total de 18 estudiantes con discapacidad auditiva. Dichos estudiantes se ubican en 6 de las 8 facultades que componen esta sede. La población está conformada como se muestra en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1 Población con discapacidad auditiva

Facultad	Hombre	Mujer
Derecho	4	0
Odontología	1	0
Ingeniería	6	0
Comercio	3	2
Enfermería	0	1
Medicina	0	1
Música	0	0
Arquitectura	0	0

A continuación, mostramos un ejemplo del diseño y operación del sistema propuesto. En la Figura 1.4 se muestra la aplicación Android que actuará como cliente para posibilitar al estudiante discapacitado el envío y recepción de mensajes desde su dispositivo móvil.

En el lado del servidor se propone manipular el motor de reconocimiento SAPI de Microsoft por su disponibilidad dentro del sistema operativo Windows, incluido en la estructura tecnológica que se encuentra en el interior de un aula tradicional. Esta aplicación brinda la conversión del discurso del docente a texto para que el estudiante discapacitado pueda ser parte del proceso enseñanza-aprendizaje.

En la Figura 1.5 se puede apreciar el intercambio de información entre ambas aplicaciones y esto solo es posible si el cliente y el servidor están conectados mediante red.



Figura 1.4 Aplicación cliente

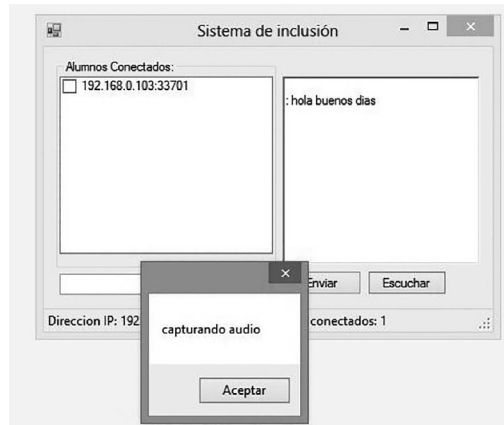


Figura 1.5 Aplicación servidor

1.5 Conclusiones

Si ahondamos en artículos de investigación tecnológica podremos encontrar las distintas maneras en la que se abordan problemáticas similares a la que planteamos, centrandolo su interés en la búsqueda de soluciones tecnológicas que compensen la discapacidad auditiva dentro de instituciones de educación tradicional y eviten su exclusión. No obstante, la conversión de forma automática del discurso a modo textual se posiciona como una buena alternativa para poder lograr una formación profesional de este tipo de estudiantes discapacitados. Si bien en nuestra investigación hemos estudiado cada una de las técnicas más populares que existen, sin embargo, queda en la decisión de cada desarrollador optar por la que mejor convenga a su proyecto. Para nuestro caso optamos por SAPI porque logra reunir el potencial suficiente para cubrir las necesidades que anteriormente describimos.

Usar SAPI no implicará costos adicionales en cuanto a la adquisición del motor mucho menos en la obtención de los dispositivos tecnológicos. Sin embargo, una vez que se comience a construir la codificación total será necesario trabajar en enriquecer la gramática y junto a esto es indispensable preparar al docente en su forma de hablar. Por otra parte, hoy en día todavía no existen estándares o

técnicas formalizadas para el proceso de inclusión de un discapacitado auditivo en la Universidad Autónoma de Tamaulipas con sede en la zona sur, pero nuestra propuesta podría resultar una buena alternativa para lograrlo. Sin embargo, no podemos aseverar si la implementación de nuestra propuesta podrá lograr la inclusión de los alumnos con discapacidad auditiva en el aula. Para esto será necesario probarlo y medir sus resultados.

Lista de referencias

- Etxebarría, X. (2004) Ética y discapacidad. *Revista Siglo Cero*, 35(2), 210: 68-79.
- Rabiner, L.R., Schafer, R.W.: Introduction to Digital Speech Processing. Foundations and Trends in Signal *Processing 1*(1-2), 1–194 (2007)
- T. Duarte, R. Prikładnicki, F. Calefato and F. Lanubile, “Speech Recognition for Voice-Based Machine Translation,” in *IEEE Software*, vol. 31, no. 1, pp. 26-31, Jan.-Feb. 2014.
- Bain, K., Basson, S., and Wald, M., (2002). Speech recognition in university classrooms: liberated learning project. In *Proceedings of the fifth international ACM conference on Assistive technologies (Assets '02)*. ACM, New York, NY, USA, 192-196.
- Matthew T. West. 2011. *Ubiquitous computing* In Proceedings of the 39th annual ACM SIGUCCS conference on User services (SIGUCCS '11). ACM, New York, NY, USA, 175-182. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2070364.2070410>
- López-Ludeña, V., Barra-Chicote, R., Syaheerah L., Montero, J.M., San-Segundo, R. (2013). LSESpeak: A spoken language generator for Deaf people, *Expert Systems with Applications, Volume 40*, Issue 4, 2013, Pages 1283-1295
- Principi, E., Squartini, S., Bonfigli, R., Ferroni, G., Piazza, F. (2015). An integrated system for voice command recognition and emergency detection based on audio signals, *Expert Systems with Applications, Volume 42*, Issue 13, 2015, Pages 5668-5683.
- Ayres, t., Nolan, B., Voice activated command and control with speech recognition over WiFi, *Science of Computer Programming, Volume 59*, Issue 1, 2006, Pages 109-126
- BIBLPROG (2005). *Speech API*. Recuperado el 17 de Agosto de 2017. https://biblprog.com/en/speech_api/
- Sultana, S., Akhand, P. K. Das and M. M. Hafizur Rahman (2012), *Bangla Speech-to-Text conversion using SAPI*, International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), Kuala Lumpur, 2012, pp. 385-390.
- ENLUME (2016). *How to use iOS 10 Speech Recognition API to convert Voice to Text*. Recuperado el 17 de Agosto de 2017 <http://www.enlume.com/ios-10-speech-recognition-api-convert-voice-text/>
- Apple developer (2017). *Framework Speech*. Recuperado el 17 de agosto de 2017. <https://developer.apple.com/documentation/speech>
- Lampert, A. (2004). *Text-to-Speech Markup Languages*. Google cloud platform (2017). api speech de cloud beta. Recuperado el 17 de Agosto de 2017. <https://cloud.google.com/speech/?hl=es>

- Lange, P., & Suendermann-Oeft, D. (2014). *Tuning Sphinx to Outperform Google's Speech Recognition API*. In Proc. of the ESSV 2014, Conference on Electronic Speech Signal Processing (pp. 1-10).
- Nuance (2017). *Software de reconocimiento de voz Dragon*. Recuperado el 17 de agosto de 2017. <http://www.nuance.es/dragon/index.htm>
- Issenman, R. M., & Jaffer, I. H. (2004). Use of voice recognition software in an outpatient pediatric specialty practice. *Pediatrics*, *114*(3), e290-e293.

Capítulo 2

Identificación de factores incidentes en la deserción temprana dentro de Instituciones de Educación Superior: Un enfoque de minería de datos

*Mayra Treviño Berrones¹

Salvador Ibarra Martínez²

José Antonio Castan Rocha³

Julissa Pérez Cobos⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: mgtrevin@docentes.uat.edu.mx

Resumen

La deserción escolar temprana es un problema que se estudia desde diferentes perspectivas. En este sentido, el presente capítulo muestra la implementación y análisis de dos técnicas de minería de datos, para evaluar un grupo definido de atributos e identificar cuál de ellos es el determinante en el momento de que un alumno decide abandonar sus estudios. Particularmente se aplican las técnicas ID3 y CHAID mediante la aplicación de la herramienta WEKA, en la evaluación de 233 alumnos de una misma generación. Los resultados muestran cuales son los principales criterios que deben ser atendidos, así como su grado de afectación. Por ejemplo, se puede apreciar que utilizando ID3 el atributo que describe la situación familiar predomi-

¹ Maestra en Sistemas de Información, especialista en minería de datos. Líneas de interés e investigación: minería de datos con inteligencia artificial.

² Doctor en Ciencias de la Computación, especialista en robótica. Líneas de interés e investigación: robótica móvil y sistemas inteligentes.

³ Maestro en Comunicación Académica, especialista en sistemas inteligentes. Líneas de interés e investigación: sistemas inteligentes de transporte.

⁴ Maestro en Comunicación Académica, especialista en sistemas inteligentes. Líneas de interés e investigación: sistemas inteligentes de transporte.

na en la deserción. Finalmente, las conclusiones plantean nuevas perspectivas para continuar trabajando en esta línea de investigación, enfatizando la relevancia de la aplicación de técnicas de minería de datos es este tipo de problemas.

Palabras clave: Minería de datos • Árboles de decisión • Deserción escolar

2.1 Introducción

Las Instituciones de Educación Superior (IES) presentan un alto índice de deserción escolar. Según estudios realizados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), México cuenta con un 50% de deserción escolar, siendo uno de los países con mayor índice en América Latina. De acuerdo con (Maya, 2008) dicho factor de deserción estudiantil ha sido motivo de interés en múltiples instituciones.

Se puede decir que la deserción es todo un proceso, a veces lento, que va creciendo y reforzándose en el interior del sujeto, quien lo manifiesta en la decisión definitiva, por ejemplo en (Vizcaíno, 2005) se detectaron los siguientes términos de deserción o retiro educativo: Deserción abierta, Deserción del programa, de la institución o del sistema, Deserción encubierta, Deserción precoz, Deserción temprana, Deserción tardía. En (Paramo, 1999) se han planteado a su vez las siguientes clasificaciones: Deserción total, Deserción discriminada por causas, Deserción por Facultad, Deserción por programa, Deserción a primer semestre de carrera, Deserción acumulada.

En el campo de la minería de datos se han realizado varios estudios para detectar los patrones de deserción escolar. En la Tabla 2.1 se resumen algunos trabajos y sus principales aportaciones.

Tabla 2.1 Estado del arte de artículos que utilizan minería de datos para detectar deserción escolar

Artículo	Aportación	País
Paramo, G. J., & Maya, C. A. C. (2012). Deserción estudiantil universitaria. Conceptualización. Revista Universidad EAFIT, 35(114), 65-78.	Define tipos de deserción, características, variables y actores: Deserción total, deserción discriminada por causas, deserción por facultad, deserción por programa, deserción a primer semestre de la carrera, deserción acumulada...	Colombia
Toledo, J. A. J., & Pereira, S. R. T. (2015). Caracterización de la deserción estudiantil en educación superior con minería de datos. Revista Tecnológica-ESPOL, 28(5).	Caracterización de perfiles de deserción de los estudiantes, se utilizaron técnicas de clasificación basada en árboles de decisión, asociación y clustering, utilizando la herramienta libre de minería de datos Weka.	Colombia

Artículo	Aportación	País
Eckert, K. B., & Suénaga, R. (2015). Análisis de Deserción-Permanencia de Estudiantes Universitarios Utilizando Técnica de Clasificación en Minería de Datos. <i>Formación universitaria</i> , 8(5), 03-12.	Hace uso de algoritmos de clasificación como árboles de decisión, redes bayesianas y reglas, se identificaron los atributos que caracterizan a los casos de deserción y su relación con el desempeño académico, especialmente en el primer año de la carrera.	Argentina
Formia, S., & Lanzarini, L. C. (2013, July). Evaluación de técnicas de Extracción de Conocimiento en Bases de Datos y su aplicación a la deserción de alumnos universitarios. In VIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología.	Evaluación de las diferentes técnicas de minería de datos y su posibilidad de aplicación en el caso de estudio, poniendo énfasis en los métodos no supervisados	Argentina
Gutiérrez, J. E., & Hernández Cáceres, J. (2013). Descubrimiento de conocimientos en las bases de datos académicas de la Universidad Autónoma de Manizales aplicando redes neuronales.	Utiliza minería de datos e inteligencia de negocios, un framework de minería de datos con una implementación básica para este proyecto, pero extensible a gran variedad de nuevos problemas y técnicas, y por último un conjunto de conclusiones acerca del problema de la deserción a partir de la información académica y las técnicas de minería de datos aplicadas	Colombia
Márquez Vera, C. (2015). Predicción del fracaso y abandono escolar mediante técnica de minería de datos.	Revisión del estado del arte, propone modelo de predicción y metodología para predecir que alumnos están en riesgo de abandonar o reprobar utilizando diferentes técnicas de Minería de Datos, arboles de decisión, reglas de inducción, clasificadores bayesianos, herramienta WEKA... Estudio realizado con la Universidad de Zacatecas	España

La minería de datos apoya en la realización de aplicaciones para solucionar el paradigma implícito en la detección preliminar de factores sociales, académicos y de satisfacción que impidan que un alumno continúe con sus estudios en tiempo y tienda a desertar de la IES que seleccionó desde un inicio.

2.2 Técnicas de minería de datos

Manejamos una gran cantidad de información, en nuestra vida personal y en el trabajo. A nivel empresa este volumen de información es incrementado, dejando a los tomadores de decisiones en una posición poco conveniente si esta información no es tratada adecuadamente. Mucha de la información que se genera solamente es almacenada y no se le da uso, por eso es necesario aplicar diversas técnicas como

la minería de datos para poder trabajar con esta información de forma correcta.

Algunas de estas técnicas son:

- Redes Neuronales
- Árboles de decisión
- Algoritmos genéticos
- Modelos estadísticos
- Agrupamiento

Para esta investigación se utilizará la técnica de árboles de decisión, un árbol de decisión es un modelo de predicción que se usa en el ámbito de la inteligencia artificial, se han realizado algunas investigaciones en el tema de deserción escolar entre las que destacan:

- Student Dropout Predictive Model Using Data Mining Techniques (Heredia, 2015), estudio realizado en Colombia, utilizaron técnicas y algoritmos de minería de datos, específicamente Árboles de decisión ID3, C4.5 y Algoritmo j48.
- Minería de datos: predicción de la deserción escolar mediante el algoritmo de árboles de decisión y el algoritmo de los k vecinos más cercanos (Valero, 2010), estudio realizado en México, utilizaron técnicas y algoritmos de minería de datos como el algoritmo de árboles de clasificación C4.5 y el algoritmo de los k vecinos más cercanos.

La mayoría de las investigaciones realizadas en esta área se han desarrollado principalmente en países latinoamericanos, obteniendo con esto un nicho de investigación para la deserción escolar en México.

2.3 Metodología

Para esta investigación se realizó una adaptación del modelo del proceso de extracción del conocimiento propuesto por (Treviño, 2013); en la Figura 2.1. La metodología está diseñada para adaptarse al proceso administrativo de las IES. En (Treviño, 2013), se realizaron las Fases 1 y 2 de la metodología planteada y en este artículo se realiza un caso de estudio en la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, específicamente se tomaron datos de alumnos de la carrera de Ingeniero en Sistemas Computacionales que ingresaron en el 2014 para validar las Fases 3 y 4.

Transformación

En esta etapa primero se realizará un Pre-Procesamiento de Datos, para (Dapozo, 2007) esta etapa está dividida en dos:

1. Integración de datos
2. Reconocimiento y limpieza de datos

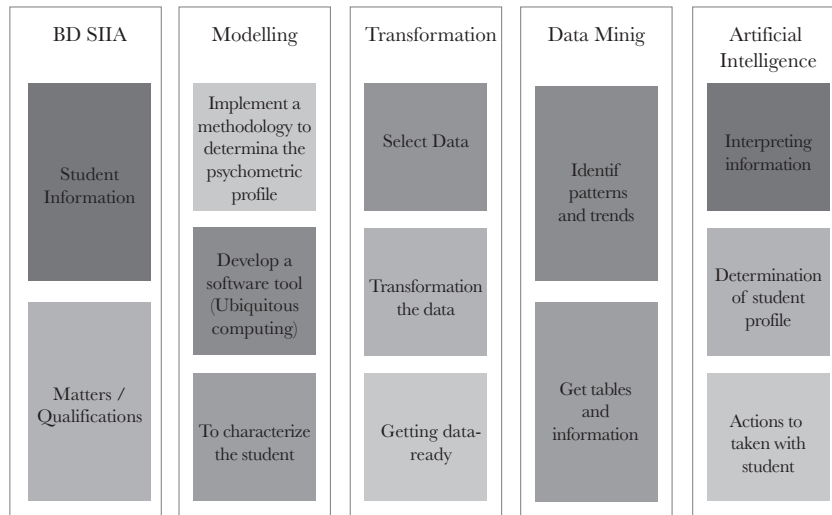


Figura 2.1. Adaptación del marco de trabajo propuesto. Fuente: Treviño et al, 2013

Es de suma importancia para esta etapa llevar un adecuado y minucioso tratamiento de los datos, ya que si bien pertenecen a una sola información, han sido recopilados en diferentes etapas, por lo cual pueden tener diferentes formatos, por lo cual el objetivo de esta etapa es obtener datos limpios, es decir datos sin valores nulos o extraños que nos permitan obtener patrones de calidad. Mediante histogramas, se analizó minuciosamente la calidad de los datos contenidos en cada uno de los atributos seleccionados. En la Tabla 2.2 se describen los atributos seleccionados para el análisis.

Tabla 2.2 Descripción de los atributos seleccionados

No.	Atributo	Descripción
1	Edad	Edad del alumno al ingresar a la Universidad
2	Edo_civil	Estado civil al que pertenece el alumno
3	Prom_gral	Promedio general dentro de la Universidad
4	Sit_lab	Si el alumno trabaja o no
5	Ent_fam	Si el padre y la madre del alumno viven al momento del ingreso y habitan en el mismo domicilio
6	Deserción	Si el alumno desertó o no de la institución

Después de haber realizado un Pre-Procesamiento de Datos, es necesario hacer la transformación de los datos que consiste en una normalización de los datos, las técnicas más usadas para este tipo de estudios son, la discretización, escalado y centrado. Para preparar la extracción de patrones de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se discretizaron los valores numéricos de las tablas a valores nominales, para esto se hizo uso de Weka, utilizando el filtro *discretize*. Posterior a esto se construyó un repositorio unificado que integrará correctamente los datos, lo cual se muestra en la Tabla 2.3.

Minería de datos

Podemos definir lo que es minería de datos según (Hernández, 2004), como el proceso de extraer conocimiento útil y comprensible, previamente desconocido, desde grandes cantidades de datos almacenados en distintos formatos. Existen diversas técnicas de minería de datos, por lo cual es de suma importancia elegir las más idóneas para estos tipos de investigaciones. En la presente investigación, se utilizó la herramienta Weka (www.weka.org), específicamente realizando tareas de clasificación, clustering, identificación de patrones, entre otras, con la finalidad de descubrir los patrones de deserción estudiantil en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, para este trabajo se aplicó la técnica de Árboles de Decisión con el método CHAID.

Tabla 2.3. Transformación de los datos

No.	Atributo	Criterio	Población
1	Edad	<20	217
		>=20	16
2	Edo_civil	=Soltero	198
		≠Soltero	35
3	Prom_gral	<6	72
		>=6	61
4	Sit_lab	=Trabaja	82
		≠Trabaja	151
5	Ent_fam	=Estable	191
		≠Estable	42
6	Deserción	=Deserto	35
		≠Deserto	198

Interpretación y evaluación de los datos

En esta etapa se interpretan y evalúan los resultados obtenidos, que este caso son los patrones identificados que sirven para robustecer el conocimiento descubierto

y posteriormente incorporarlo a un sistema tomador de decisiones. De acuerdo al análisis realizado se obtuvo la siguiente estructura del árbol de decisión inicial, como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Estructura del árbol

Nodo	valor-p	Objetos	%	Nodo padre	Variable de separación	Valores	Pureza
1	0.163	108	100.00%				50.00%
2	0.175	96.6	89.44%	1	ENT_FAM	[1, 1.5[	52.80%
3	0.309	11.4	10.56%	1	ENT_FAM	[1.5, 2[	73.68%
4	0.274	43.2	40.00%	2	PROM_GRAL	[5, 6.5[	62.50%
5	0.297	53.4	49.44%	2	PROM_GRAL	[6.5, 10[	55.06%
6	0.000	2.4	2.22%	3	PROM_GRAL	[5, 6.5[	100.00%
7	0.189	9	8.33%	3	PROM_GRAL	[6.5, 10[	66.67%
8	0.000	3.6	3.33%	4	EDAD	[17, 17.5[	83.33%
9	0.259	29.4	27.22%	4	EDAD	[17.5, 18.5[	61.22%
10	0.745	4.8	4.44%	4	EDAD	[18.5, 19.5[	62.50%
11	0.000	2.4	2.22%	4	EDAD	[19.5, 24.5[	100.00%
12	0.000	3	2.78%	4	EDAD	[24.5, 28[	100.00%
13	0.000	1.8	1.67%	5	EDAD	[17, 17.5[	100.00%
14	0.327	30	27.78%	5	EDAD	[17.5, 18.5[	60.00%
15	0.471	18	16.67%	5	EDAD	[18.5, 19.5[	66.67%
16	0.000	3.6	3.33%	5	EDAD	[19.5, 40[	100.00%
17	0.013	28.2	26.11%	9	EDO. CIVIL	[1, 1.5[	63.83%
18	0.000	1.2	1.11%	9	EDO. CIVIL	[1.5, 2[	100.00%
19	0.000	1.2	1.11%	10	SIT_LAB	[1, 1.5[	100.00%
20	0.000	3.6	3.33%	10	SIT_LAB	[1.5, 2[	83.33%
21	0.000	23.4	21.67%	17	SIT_LAB	[1, 1.5[	64.10%
22	0.000	4.8	4.44%	17	SIT_LAB	[1.5, 2[	62.50%
23	0.000	16.2	15.00%	15	SIT_LAB	[1, 1.5[	74.07%
24	0.000	1.8	1.67%	15	SIT_LAB	[1.5, 2[	100.00%

Nodo	valor-p	Objetos	%	Nodo padre	Variable de separación	Valores	Pureza
25	0.098	26.4	24.44%	14	EDO. CIVIL	[1, 1.5[	65.91%
26	0.000	3.6	3.33%	14	EDO. CIVIL	[1.5, 2[	83.33%
27	0.000	19.2	17.78%	25	SIT_LAB	[1, 1.5[	68.75%
28	0.000	7.2	6.67%	25	SIT_LAB	[1.5, 2[	58.33%

2.4 Comparación de métodos CHAID y ID3

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la técnica de minería de datos, en este caso los datos se analizaron, clasificaron y agruparon, mediante el modelo de árboles de decisión con los métodos CHAID y ID3.

Método CHAID

Se obtuvo la Matriz de Correlación mediante el análisis por árboles de decisión con el método CHAID, como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2. 5 Matriz de correlación

Variables	EDAD	EDO. CIVIL	PROM_GRAL	ENT_FAM	SIT_LAB
EDAD	1.000	0.242	0.153	0.084	0.084
EDO. CIVIL	0.242	1.000	-0.090	-0.011	0.089
PROM_ GRAL	0.153	-0.090	1.000	0.050	0.009
ENT_FAM	0.084	-0.011	0.050	1.000	-0.101
SIT_LAB	0.084	0.089	0.009	-0.101	1.000

De acuerdo a lo observado en la matriz de correlación, se puede determinar que existe mayor incidencia a una deserción cuando el alumno no se encuentra en un entorno familiar estable, y se incrementa de acuerdo a situación laboral y factores académicos como el promedio y número de materias reprobadas.

Método ID3

En el método ID3 propuesto por John Ross en 1986, se utilizan tres medidas, entropía, efectividad y ganancia de la información.

- Entropía, propuesta por Shannon en su teoría de la información es dada por la siguiente fórmula:

$$S(E) = \text{info}(E) = - \sum_{(j=1)}^{(k)} p_j \log_2 p_j$$

- Efectividad, es el valor esperado de la entropía tras efectuar la partición, y se calcula como una suma ponderada de cada subconjunto E_i :

$$S(E, X) = \text{info}(E, X) = \sum_{i=1}^{(n)} \frac{|E_i|}{|E|} * \text{info}(E_i)$$

- Ganancia de información, es la propiedad estadística que mide cómo se clasifica ese atributo en los ejemplos:

$$\text{ganancia}(E, X) = \text{info}(E) - \text{info}_{\text{atrib}}(E, X)$$

Utilizando el método ID3 se obtuvieron los siguientes resultados:

- Valor del Árbol: 0.650022422. La Tabla 2.6 muestra el valor de los nodos.

Tabla 2.6 Valor de nodos

EDAD INGRESO		POS	NEG	
<20	102	17	85	0.650022422
>20	6	1	5	0.650022422
			INFO EDAD	0.650022422
			ENTROPIA	0
PROMEDIO		POS	NEG	
<6	43	9	34	0.740147043
>6	65	9	56	0.580195495
			INFO PROMEDIO	0.349191733
			ENTROPIA	0.300830688
SIT LAB		POS	NEG	
1	82	14	68	0.659375881
2	26	4	22	0.619382195
			INFO SIT LAB	0.649747772
			ENTROPIA	0.00027465
EDO CIVIL		POS	NEG	
1	100	16	84	0.634309555
2	8	2	6	0.811278124
			INFO E CIVIL	0.647418338
			ENTROPIA	0.002604084

ENTORNO FAM		POS	NEG	
1	93	17	76	0.686154947
2	15	1	14	0.353359335
			INFO E FAM	0.639933335
			ENTROPIA	0.010089087

2.5 Conclusiones

Hoy en día la deserción escolar es una situación que se puede evitar en la mayoría de los casos siempre y cuando el sujeto sea detectado con oportunidad. Mediante el análisis de los datos obtenidos por medio de la realización de árboles de decisión, se detectaron patrones que inciden en la deserción de un alumno de la institución, estos factores son tanto de tipo socioeconómico como académico. Por lo tanto, los patrones detectados permitirán al departamento de retención o tutorías tomar decisiones que sirvan para solucionar el problema central de esta investigación.

En particular, se detectaron 216 diferentes patrones de sujetos de estudio, entre los que destacan, se ha determinado que si el alumno proviene de un entorno familiar disfuncional representa una de los mayores probabilidades de deserción escolar, así como llevar un promedio de calificaciones bajo y si trabaja influyen en el abandono de un alumno determinado según lo observado en el método CHAID, comparándolo con el método ID3 el cual arroja que si tiene un promedio bajo, un entorno familiar inestable y trabaja tiene tendencia a desertar, en ambos métodos se coincide en los criterios de deserción por lo cual se considera un resultado confiable.

Por lo anterior se pretende evaluar las demás carreras de la institución, con la metodología establecida para determinar la deserción de los alumnos, así como el desarrollo de un sistema tomador de decisiones para apoyar el proceso de retención estudiantil.

Lista de referencias

- Maya, J., (2008). *Identificación y Análisis de Factores Incidentes en el Retiro Voluntario de Estudiantes de Pregrado en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavie*. Período 02-2004 a 01-2006, Tesis de Maestría para optar al título de Magister en Ingeniería Administrativa, Universidad Nacional de Colombia.
- Vizcaíno A. (2005) Propuesta de Glosario Regional de América Latina sobre la Educación Superior (Anexo 4. *Informe IESALC 2000-2005* p. 285 y s.)
- Páramo, G., & Correa, C. (1999). Deserción estudiantil universitaria. Conceptualización. En revista *Universidad EAFIT*. Abril-Mayo y Junio.
- Heredia, L D., Amaya, Y, Barrientos, E. Student Dropout Predictive Model Using Data Mining Techniques, in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 9, pp. 3127-3134, Sept. 2015.
- Valero, S., Vargas, A., & García, M. (2010). Minería de datos: predicción de la deserción escolar mediante el algoritmo de árboles de decisión y el algoritmo de los k vecinos más cercanos. En Prieto, M. *Tecnologías del Aprendizaje*. Merida: Kaambal.
- Treviño, M., Ibarra, S., Castán, J., Laria, J., & Guzmán, J. (2013). A Framework to avoid Scholar Desertion using Artificial Intelligence. In *Proceedings of the World Congress on Engineering (Vol. 3)*.
- Dapozo, G., Porcel, E., López, M., & Bogado, V. (2007). *Técnicas de preprocesamiento para mejorar la calidad de los datos en un estudio de caracterización de ingresantes universitarios*. X Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- Hernández Orallo, J., Ramírez Quintana, M., & Ferri Ramírez, C. (2004). *Introducción a la minería de datos*. (D. Fayerman Aragón, Ed.) Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- G. Villamizar and L. Pérez, Identification of Motivational and Sociodemographic Factors in *Deserts Phycology Students at University Pontificia Boliviana, Psicogente, 14* (25): pp. 132-150. Junio, 2011. Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia. ISSN 0124-0137 EISSN 2027-212X
<http://www.unisimonbolivar.edu.co/rdigital/psicogente/index.php/psicogente>
- Fischer, E. S. (2012). *Modelo para la Automatización del Proceso de Determinación de Riesgo de Deserción en Estudiantes Universitarios*, Tesis de Magister, Santiago de Chile.
- Pinzon, L. (2011). Applying data mining to education marketing, In *Notas D Marketing, Vol. 1*, Enero 2011.
- Pocerl, E., Dapozo, G. and López, M. (2010). *Modelos predictivos y técnicas de minería de datos para la identificación de factores asociados al rendimiento académico de alumnos universitarios*, Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas y

- Naturales y Agrimensura Universidad Nacional del Nordeste. 9 de Julio No 1449. CP 3400. Corrientes. Argentina.
- Abril, E., Román, R., Cubillas, M. J. y Moreno, I. ¿Deserción o autoexclusión? Un análisis de las causas de abandono escolar en estudiantes de educación media superior en Sonora, México. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (1).
- Fernandez-Montes, A., Ortega, J., Alvarez, A., and Gonzalez-Abril, L., *Smart Environment Software Reference Architecture*, INC, IMS and IDC, 2009. NCM '09. Fifth International Joint Conference on, Seoul, 2009, pp. 397-403.
- Timarán, R., *Detección de Patrones de Bajo Rendimiento Académico y Deserción Estudiantil con Técnicas de Minería de Datos*, Conferencia Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informativa, Orlando, Florida 2009.

Capítulo 3

Sistema para la medición y diagnóstico de la condición de máquinas rotativas

*Julio Laria Menchaca¹

Salvador Ibarra Martínez²

José Antonio Castán Rocha³

Emilio Castán Rocha⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: jlaria@docentes.uat.edu.mx

Resumen

En este trabajo presentamos un sistema desarrollado que permite el monitoreo de la condición de máquinas rotativas en base a la técnica de medición y análisis de vibraciones mecánicas. El sistema consta de un módulo electrónico y un software. El módulo electrónico desarrollado, permite el trabajo hasta con 3 sensores, pero gracias a su construcción modular, puede ser escalado hasta un total de 16 sensores. Para el desarrollo del software se optó por el lenguaje “Object Pascal” utilizando como ambiente de desarrollo al binomio Lazarus/Free Pascal por ser multiplataforma, código abierto y libre. Esto hace que a diferencia del software similar que existe en el mercado, éste puede ser adaptado fácilmente a las condiciones concretas de cada empresa. El sistema aquí expuesto, permite la medición en línea o fuera de línea,

¹ Doctor en Tecnología de Avanzada con especialidad en física, en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología de Avanzada del IPN. Tiene más de 20 años de experiencia en el diseño y desarrollo de instrumentación electrónica.

² Obtuvo el título de Doctor en Ciencias con especialidad en robótica en la Universidad de Girona, España. Tiene más de 5 años de experiencia en el desarrollo de equipos electrónicos y robóticos.

³ Obtuvo el título de Maestría en Ciencias con especialidad en Tecnología Educativa en la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tiene más de 5 años de experiencia en el desarrollo de software.

⁴ Obtuvo el título de Maestría en Ciencias con especialidad en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Madero. Tiene más de 10 años de experiencia en el desarrollo de equipos electrónicos.

de las diferentes unidades de vibración, así como realizar un análisis y diagnóstico sobre las posibles fallas que presenta la máquina.

Palabras clave: Mantenimiento predictivo • Vibraciones mecánicas • Acelerómetros

3.1 Introducción

En la actualidad una poderosa herramienta de productividad, clave en la creciente competitividad de los mercados, lo constituye el mantenimiento predictivo basado en el monitoreo de la condición de la máquina. Este cambio es parte de una transformación global que abarca toda la industrial (Mobley, 2002).

El mantenimiento predictivo basado en el monitoreo de la condición de la máquina se centra en la determinación del estado de la máquina en operación. La mayoría de las partes de la máquina darán un tipo de aviso antes de que fallen. Para percibir los síntomas con que las máquinas nos están advirtiendo se emplean varias pruebas no destructivas tales como: el análisis de lubricantes, el análisis de corrientes de Eddy, el monitoreo y análisis de vibraciones mecánicas y la termografía infrarroja. De todas estas pruebas no destructivas la que más información aporta sobre la condición interna de la máquina lo constituye el monitoreo y análisis de vibraciones mecánicas (White, 1998).

Los sistemas para la medición y análisis de vibraciones mecánicas pueden ser manuales o automáticos (Mobley, 2002). Los sistemas manuales son aquellos donde las mediciones se realizan de forma manual. Estos han tenido un crecimiento rápido dentro de la industria, convirtiéndose en la instrumentación más utilizada. Los sistemas automáticos envían los datos colectados de forma automática a una computadora donde se puede almacenar una gran cantidad de información, generando tendencias de series de mediciones y presentando diversos tipos de gráficos para su evaluación por analistas. Este tipo de sistema tiene la ventaja sobre el manual que debido a la gran cantidad de datos que son manejados, permiten observar cambios en periodos de tiempos en el comportamiento de las máquinas, eventualmente automatizar la detección de estos cambios y en casos más avanzados, son incorporados a sistemas de expertos.

En el campo del monitoreo de vibraciones mecánicas los sistemas expertos se utilizan fundamentalmente como herramientas de diagnóstico. Se trata de que el programa pueda determinar en cada momento el estado de funcionamiento de sistemas complejos, anticipándose a los posibles incidentes que pudieran acontecer. Así, usando un modelo computacional del razonamiento de un experto humano, proporciona los mismos resultados que alcanzaría dicho experto (Holek, 2005).

Los sistemas expertos no sólo deben poder indicarle probables fallas y facilitarle la labor de mantenimiento, deben también ser parte de todo su proceso

productivo, adaptarse a su infraestructura de telecomunicaciones, ser cómodos para que sus ingenieros y técnicos los adopten y tener la capacidad de crecer junto con sus necesidades.

Existen varias tecnologías para el monitoreo de la condición de la máquina, entre las que se encuentran CSI Emerson Process Management RBMware 4.70, Machinery Condition Management (MCM2000), SKF Condition Monitoring, Microlog CMXA 50 Portable Data Collector/FFT Analyzer (Standard, 1974; Standard, 1998; APMA, 1987; Beebe, 1995; William et al, 1995) que son de amplio uso en la industria, pero no incluyen sistemas de expertos. Sin embargo, existen algunas opciones de software comercial para el monitoreo de la condición de la máquina, como el de la marca Bently-Nevada y el Expert Alert de DLI Engineering Corporation que incluyen sistemas de expertos pero debido a sus costos puede dejar de ser convenientes.

Los requerimientos de la industria son muy variables y resulta a veces complicado encontrar un sistema experto que cuente con las características requeridas. En estos casos, una opción muy recomendable es utilizar un sistema con la posibilidad de que los mismos desarrolladores le hagan las adecuaciones necesarias al software según las necesidades de la industria. Es por ello, que en el presente trabajo mostramos el desarrollo de un sistema que incluye una electrónica de fácil configuración y escalable desde 1 hasta 16 sensores y un software que permite realizar la medición, análisis e incluye un sistema de expertos para dar un diagnóstico sobre la condición de la máquina. El software fue desarrollado en código abierto y libre para su libre adecuación a las necesidades de los clientes.

3.2 Metodología

Para estimar la gravedad de las vibraciones mecánicas de una maquinaria se utilizan los niveles de severidad contenidas en publicaciones de organizaciones como la American National Standards Institute (ANSI), la Asociación Alemana de Ingenieros (VDI) y la International Standards Organization (ISO), en los estándares internacionales ISO 10816-1 1995 que reemplazó la norma ISO 2372 e ISO 3945, VDI 2056, la BS 4675 y las tablas de severidades de Azima DLI y las de IRD Mechanalysis (White, 1998; Standard, 1974; Standard, 1998; Srivastava, 1993; Rao, 2000; Satyan y Nagarajan, 1988). En estas normas se estipulan las posiciones dónde colocar los sensores para realizar las mediciones así como los límites máximos permisibles de los diferentes parámetros a medir en dependencia de la frecuencia fundamental de vibración y todo esto para cada clase de equipo.

Todas estas normas especifican un nivel promedio de vibración aceptable para máquinas de propósito general como son: motores, bombas, generadores,

turbinas, ventiladores, etc. Por tanto, esas normas solo pueden ser utilizadas como una guía ya que no son precisas, pues no incluyen las condiciones de operación en que se encuentra la máquina aspecto que influye en el nivel de vibración del sistema en general.

La norma ISO 13374-1 (2003) establece las guías generales para las especificaciones para el software de procesamiento de los datos, comunicación y presentación de la información del monitoreo de la condición de la máquina y diagnóstico. Ésta sirve de guía para el analista de mantenimiento predictivo, donde el procesamiento de los datos relevantes y los procedimientos de análisis son requeridos para interpretar los datos recibidos de las actividades de monitoreo.

Para realizar el diagnóstico, los sistemas de expertos se basan en el análisis de tendencias. El análisis de tendencias consiste en almacenar las mediciones grabadas a tiempos específicos. La manera más sencilla de utilizar las tendencias en las vibraciones es establecer un espectro de vibraciones representativo de la máquina operando normalmente como punto de referencia. Después, comparar esta referencia con espectros que se graben posteriormente (White, 1998). Cuando se hace la comparación, es necesario tener en cuenta que las condiciones en que se operan las máquinas cuando se graba el espectro nuevo, deben ser lo más similares a las que se tenían cuando se grabó el espectro de referencia. Para ello, los sensores deben colocarse en los mismos lugares de medición en ambos casos y se deberá utilizar en lo posible los mismos sensores.

Por lo general, en los sistemas de expertos, en lugar de representar los espectros de las vibraciones en unidades de frecuencias, muchas veces es deseable utilizar órdenes o múltiplos del rpm de la máquina. La primera orden se llama 1x, la segunda 2x, etc. Esto es especialmente valorable, si se quiere comparar varias mediciones de una misma máquina, tomados en momentos diferentes y que la velocidad de la vibración haya cambiado un poco entre las mediciones (Nakra, 1989).

En el desarrollo del sistema que se presenta, nos basamos en los requerimientos de la norma ISO 13374-1 (2003) y para el análisis de las señales y diagnóstico de posibles fallas, utilizamos los indicadores que se definen en las publicaciones y normas expuestas arriba. Para el desarrollo del software del sistema, se utilizó la metodología ágil de análisis y diseño XP (eXtreme Programming) que se basa en la retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo. Se optó, además, por el lenguaje “object pascal” utilizando como ambiente de desarrollo al binomio Lazarus/Free pascal por ser multiplataforma, código abierto y libre, y por las buenas prestaciones, velocidad y eficiencia del código generado.

3.3 Descripción del Sistema

Arquitectura del Sistema

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama en bloques del sistema desarrollado. El mismo consta de un módulo electrónico y un software. El módulo electrónico se encarga del acondicionamiento de las señales provenientes de los sensores y de la digitalización de estas para su posterior envío a la computadora.

Este módulo permite el trabajo entre 1 y 16 sensores. Cada sensor se conecta a un circuito de acondicionamiento formado por un amplificador y un filtro pasa bajo del tipo Bessel de segundo orden con una frecuencia de corte de 20KHz. La salida del circuito acondicionador de señal está conectada a la entrada del digitalizador. Como circuito de digitalización se utilizó una tarjeta de la National Instrument modelo NIUSB-6211 la cual permite digitalizar hasta 16 señales con una resolución de 16 bits, con una frecuencia de adquisición de hasta 250 KHz. Las señales digitalizadas se envían a la computadora a través de un puerto USB.

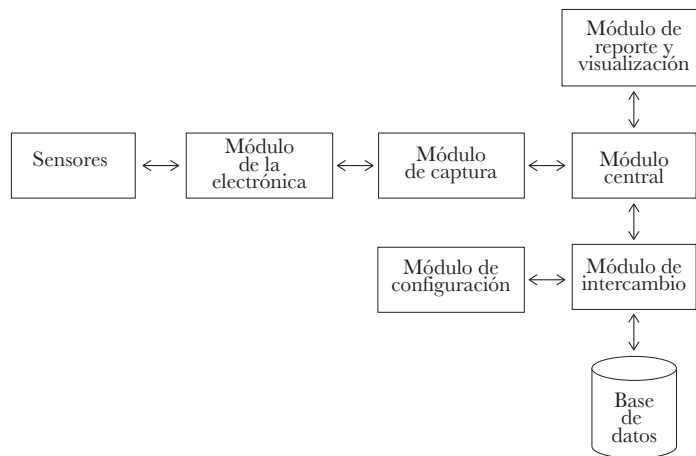


Figura 3.1 Arquitectura del sistema

Tanto el circuito de acondicionamiento de las señales como el software del sistema se concibió de forma modular con el objetivo de hacerlo más flexible y adaptable. Por eso, para el desarrollo del software del sistema se definieron las distintas interfaces a seguir en la comunicación entre cada uno de los módulos, permitiendo esto cambiar o modificar un módulo sin tener que alterar al resto de los módulos ni la arquitectura general del software del sistema. La estructura en bloques del software del sistema se muestra en la Fig.1 en el cuadro con líneas punteadas. El software del sistema se diseñó de la siguiente manera: el *módulo de captura* es el encargado de

comunicarse con el circuito de digitalización del módulo de la electrónica y en la Figura 3.2 se muestra la estructura interna de dicho módulo.

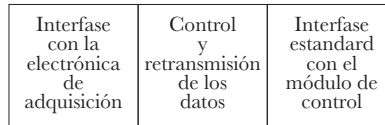


Figura 3.2 Estructura interna del módulo de captura

El mismo está compuesto por 3 bloques, el primero es el bloque de interface con el firmware de la electrónica de captura, en este caso con la tarjeta de digitalización NIUSB-6211 y es completamente dependiente de ésta. El módulo de captura está diseñado de tal manera que si se desea utilizar otro circuito de digitalización solo se deberá cambiar el software de este primer bloque. El segundo bloque es para realizar determinado ajuste o control de los datos de ser necesario. Y por último se tiene al bloque de interface con el módulo central el cual garantiza la independencia entre el módulo de la electrónica y el módulo central. Este módulo de captura también tiene la posibilidad de leer datos directamente desde archivos en disco. Esto permite modelar y simular señales que pueden ser analizadas por el sistema y lo que es más importante aún, las señales pueden ser capturada en una zona lejana y ser enviadas por la red para ser procesadas por el especialista sin necesidad de que el especialista se traslade físicamente al lugar donde se realiza la medición.

En el *módulo central* (ver Figura 3.1) se encuentra la “inteligencia” del sistema. Este está constituido (ver Figura 3.1) por los módulos del:

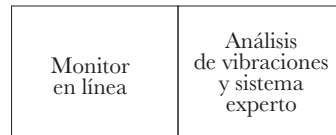


Figura 3.3 Estructura interna del módulo central

- Monitor en línea: diseñado para funcionar ininterrumpidamente, realizando mediciones constantemente y revisando si las mediciones se encuentran dentro de los parámetros adecuados. De existir alguna falla, se encarga de activar una señal eléctrica de alarma que puede ser utilizada para detener la maquinaria o realizar cualquier otra acción.
- Análisis de vibraciones y sistema experto: que se encarga de realizar un análisis más detallado del sistema, y en base a un sistema de experto, brindar un diagnóstico de las posibles fallas que se presentan en la máquina.

Para realizar este diagnóstico el sistema de experto utiliza los análisis de tendencias entre los datos de referencias anteriormente almacenados y el comportamiento actual de las vibraciones de la máquina. Además, los requerimientos de la norma ISO 13374-1 (2003) y demás indicadores que se definen en las publicaciones y normas expuestas en el punto anterior del escrito.

El módulo de configuración (ver Figura 3.1) se utiliza para la configuración del sistema y realizar la persistencia en la Base de Datos de dicha configuración. Para ello en la computadora se despliega una pantalla con pestañas que permite configurar la base de datos, datos del usuario, mediciones, datos de la maquinaria, canales de medición, los filtros, sensores y unidades de medida.

El módulo de intercambio (ver Figura 3.1) es el gestor de base de datos y en su diseño se utilizaron los componentes de ZeosLib ya que estos son de código abierto y software libre, están disponible para una gran variedad de compiladores y ambientes de desarrollos como Delphi, C++, Lazarus (FreePascal), Eide+MSEgui (FreePascal), y Kylix. Además, tienen conexión directa a sistemas de gestión de base de datos como MySQL, PostgreSQL, Firebird, Interbase, Microsoft SQL Server, Sybase ASE, Oracle 9i, y SQLite disponibles en distintos sistemas operativos como Windows, Linux y Mac. La *Base de Datos* del sistema está formada por 12 tablas y ha sido utilizado como SGBD a “Firebird 2-5”. En la base de datos se almacena la configuración del sistema, así como los datos capturados.

El módulo de reporte y visualización tiene la responsabilidad de facilitar la realización de los reportes, así como de la visualización de los datos procesados respectivamente. En este módulo se realizan tres funciones: mostrar grafico de las mediciones, mostrar/ocultar estado de funcionamiento de la maquinaria y reportes.

Para la instalación del software del sistema se deben realizar las siguientes funciones:

- Descomprimir los archivos en el directorio elegido para residir la aplicación.
- Configurar en el archivo de configuración “Config.cfg” los datos necesarios para el acceso a la base de datos.

Una vez instalado el software, aparecerá en la pantalla un icono ejecutable con el nombre de **ASMonitor.exe**.

Arquitectura del Software

Al ejecutar la aplicación, se despliega el menú principal (ver Figura 3.4) en el que solamente se encuentran habilitadas las opciones de “Iniciar Sesión” y “Cerrar”. Esto garantiza que solamente un personal autorizado pueda manipular la aplicación. Al “Iniciar Sesión” se le solicitará el “Usuario” la “Clave” para autenticarse en el sistema.

La primera vez que la aplicación es ejecutada no se solicitará la autenticación, debido a que no existen usuarios registrados en el sistema. Mientras no existan usuarios registrados en el sistema no se solicitará autenticación para dar inicio a una sesión. En dependencia de la operación que se encuentre realizando se habilitarán o inhabilitarán ciertas funcionalidades del menú principal.

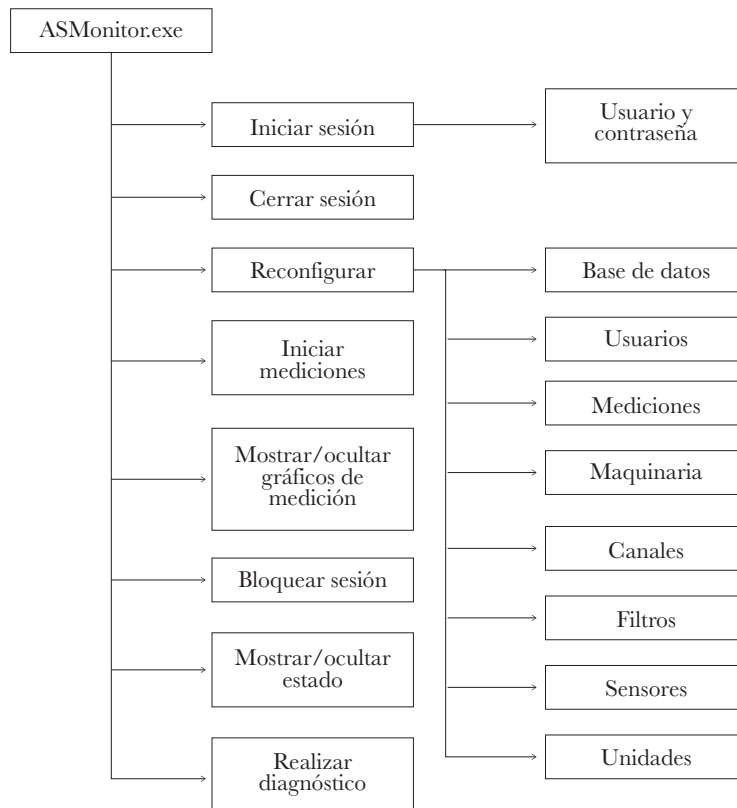


Figura 3.4. Arquitectura del software

Las funcionalidades de cada una de las opciones del menú se mencionan a continuación.

- **Iniciar Sesión:** Permite validarse como operador del sistema. Una vez validado se tendrá acceso a los módulos del sistema que se le hayan concedido.
- **Cerrar sesión:** Cierra la aplicación, dando por terminada todas las mediciones en curso.
- **Re-Configurar:** Permite configurar todo el sistema. Lo anterior incluye el listado de usuarios que tendrá acceso al sistema, así como sus permisos de acceso a cada

módulo. Esta opción no debe estar disponible en los permisos de acceso de la mayoría de los operarios.

- **Iniciar Mediciones:** Permite comenzar las mediciones y análisis del sistema.
- **Mostrar/Ocultar gráfico de mediciones:** Durante la realización de las mediciones se puede mostrar un gráfico en tiempo real del comportamiento en el tiempo y en el espectro de frecuencia de cada una de las señales medidas. Estas opciones del menú permiten mostrar u ocultar respectivamente cada uno de dichos gráficos.
- **Bloquear Sesión:** Esta opción bloquea el acceso por parte del operador a las opciones del sistema. Sin embargo las funciones que en ese instante el sistema se encontraba realizando se mantienen en ejecución. Para poder acceder a las opciones se tendrá que iniciar una nueva sesión en el sistema, ya sea por el mismo operador o por otro.
- **Mostrar/Ocultar estado (del funcionamiento de la maquinaria):** Durante la realización de las mediciones se puede mostrar en tiempo real el estado de la maquinaria. Esto es si todo está en un estado de funcionamiento adecuado, si existe alguna alerta o si el sistema tiene alguna falla. Estas opciones permiten mostrar u ocultar dichas señalizaciones.
- **Realizar Diagnóstico:** Si se detecta alguna anomalía durante el monitoreo de la máquina, se recomienda usar esta opción del menú para realizar un diagnóstico de la posible causa que está provocando la anomalía.

Una de las opciones fundamentales del software lo constituye la de “Re-Configurar” ya que como se puede observar en la Fig. 4, esta opción permite configurar todo el sistema. La pestaña de Base de datos permite configurar los parámetros siguientes:

- **Servidor:** Especifica el nombre del servidor donde radica el sistema de gestión de base de datos a usar. También puede especificarse la dirección IP del servidor. De usarse un servidor de base de datos embebida como la de FireBird, este campo puede dejarse en blanco. Si el servidor radica en la misma máquina donde correrá el sistema puede especificarse como nombre también a “localhost”.
- **Puerto:** Número del puerto a través del cual se realizará la comunicación. En el caso de FireBird debe especificarse 0.
- **Base Datos:** Nombre de la base de datos como tal.
- **Usuario:** Usuario utilizado para conectarse a la base de datos.
- **Clave:** Clave utilizada para conectarse a la base de datos.
- **Protocolo:** Permite especificar el gestor de base de datos utilizado. Pueden usarse los gestores de bases de datos “PostgresSql” o “FireBird”.

La pestaña de mediciones permite configurar los siguientes parámetros:

- Listado de mediciones: Muestra el listado de las distintas configuraciones de medición realizados. Para navegar por el listado, insertar, modificar o eliminar cualquiera de las “Configuraciones de medición”. En el listado solamente aparece el nombre de la medición, los demás parámetros a configurar se muestran en la opción “Propiedades de la medición”. Cada vez que se posicione en una “medición”, la opción de propiedades mostrará el valor configurado para dicha “medición”.
- Propiedades de la medición: Esta opción permite visualizar y modificar el valor de las propiedades de cada medición. A continuación, se detalla el significado de cada una de las opciones.
 - » Nombre de la medición: Nombre asignado para identificar a la medición. No debe repetirse.
 - » Driver de captura: Nombre del driver de captura. El driver de captura es un ejecutable que se encarga de leer los datos de la tarjeta de captura y enviarlos hacia el módulo encargado de su análisis. Con el objetivo de poder cambiar el modelo y/o fabricante de la tarjeta de captura utilizada se aisló la fase de captura de la fase de análisis y procesamiento. Por tanto, si se desea utilizar otra tarjeta de captura basta con cambiar solamente el driver de captura utilizado. Esta propiedad permite seleccionar el driver de captura a utilizar. Al seleccionar dicha propiedad se muestra una lista desplegable con el nombre de todos los drivers disponibles en ese momento.
 - » Nombre del dispositivo (de captura): Nombre del dispositivo de captura a utilizar. Se pueden tener conectadas a la computadora varias tarjetas de captura. Cada una de las tarjetas responde a un nombre de dispositivo. Esta propiedad permite seleccionar cuál de los dispositivos de captura se utilizará.
 - » Frecuencia de muestreo (sugerida): Frecuencia de muestreo sugerida para realizar la captura de los datos. Se plantea sugerida debido a que existen dispositivos de captura que no son capaces de realizar una medición con cualquier frecuencia de muestreo. Si el driver detecta que la frecuencia de muestreo sugerida no es posible de usarse en el dispositivo en particular intentará usar la frecuencia de muestreo superior más cercana a la utilizada, e informará de esto a la aplicación con el objetivo de que la aplicación ajuste dicho valor durante el proceso de análisis.
- Tiempo de refrescamiento: Es el tiempo cada el cual se iniciará una nueva medición después de terminada la captura y procesamiento de la anterior.
- Resolución: Es la cantidad de muestra que se tomará en cada medición en particular. Un mayor número de muestra mejorará los resultados que se obtengan

durante el análisis y procesamiento, pero un número grande de muestras pondrá en riesgo la estabilidad del sistema debido al gran esfuerzo de cómputo que esto representa. Se sugiere utilizar aquí un valor entre 1024 y 2048 y utilizar valores mayores en la configuración del módulo de diagnóstico.

- Chequear alarmas: Esta opción permite realizar algún tipo de alarma en caso de que se detecte una operación anómala del sistema.
- Promediar FFT: Permite especificar si se realizará un promedio de las FFT o se utilizará cada medición para los cálculos. De no tener esta opción activada es equivalente a usar un promedio de bloques con tamaño 1, pero mucho más eficiente desde el punto de vista de costo computacional y de uso de la memoria.
- Permitir modificar la F. Muestreo: Si la opción está activada el driver podrá seleccionar otra frecuencia de muestreo en caso de estar inhabilitado para usar la especificada en la configuración utilizada. Si no está activada el driver enviará un mensaje de error al no poder realizar la medición con el valor de frecuencia de muestreo sugerida y no poder usar otra.
- Contrarrestar efecto Picket-Fence: De activarse esta opción se ejecutará un algoritmo que tiene por objetivo aminorar los efectos provocados por el efecto Picket-Fence. Dicho algoritmo se basa en modificar la frecuencia de muestreo cada vez que se procesa un bloque.
- Comentario: En esta opción se puede escribir un comentario general sobre dicha configuración. Esto es útil para expresar en las circunstancias en las cuales puede ser útil utilizar o no dicha configuración, así como cualquier otro comentario que el operador del sistema estime conveniente que pueda ser de utilidad.
- Listado de imágenes: Permite Listar/Insertar/Modificar las imágenes almacenadas para la medición seleccionada. A cada imagen se le puede asociar un comentario, dicho comentario puede ser escrito y/o visualizado así como la imagen se puede visualizar. Los botones Cargar y Salvar tienen la función de cargar una imagen en la base de datos salvar una imagen previamente cargada en la base de datos hacia un archivo externo respectivamente. Por su parte el botón Ampliar permite desplegar otra ventana con una imagen ampliada.

La pestaña de maquinaria permite guardar los datos respecto a la empresa, maquinaria y equipos a los que se le está realizando la medición. Estos datos son usados durante la generación del reporte.

La pestaña de canales permite configurar los parámetros de cada uno de los canales utilizados, estos son:

- Listado de canales:
- No.: Número del canal.

- Activo: Indica si el canal estará activo o no. Para que se realicen mediciones por un canal, este debe estar marcado como activo. De lo contrario no se realizarán mediciones por dicho canal.
- Nombre: Nombre para identificar el punto donde se realiza la medición. El nombre seleccionado aquí servirá para identificar el punto de medición. Puede existir más de un canal con el mismo nombre. Esto puede estar dado por el hecho de que en un mismo punto de medición se pueden instalar varios sensores en distintas orientaciones. Estas orientaciones pueden ser “Horizontal”, “Vertical” y “Axial”.
- ID Físico: Identifica al canal físico de la tarjeta de captura a la cual está asociado dicho canal.
- Orientación: Indica la orientación en que se instaló el sensor. Estas orientaciones pueden ser “Horizontal”, “Vertical” y “Axial”.
- Color: Identifica el color con el cual se visualizará la señal medida por el canal en el gráfico de mediciones de señales.
- Ventana FFT: Identifica el tipo de ventana que será utilizado para la realizar la transformada de Fourier en dicho canal. Los posibles valores son: Rectangular, Triangular, Coseno, Gausiana, Hamming, BlackMan.
- Espectro FFT: Permite seleccionar el espectro de la transformada de Fourier que será utilizado. Los posibles valores son: Espectro de Magnitud, Espectro de Potencia, Espectro de Fase, Espectro del Cosenos, Espectro del Seno, Espectro de la parte Real, Espectro de la parte imaginaria.
- Descripción: Es un campo para realizar cualquier descripción del canal que se desee. Esta funcionalidad permite realizar una descripción del canal. Cualquier información que estime sea útil recordar en el futuro para dicho canal, o que sea de utilidad para otro operario respecto a dicho canal, puede guardarla aquí.
- Filtros: Para el procesamiento de los datos de cada canal se usan 2 filtros. El primero es un filtro, denominado, filtro de entrada que se usa para filtrar los datos capturados desde el sensor. A este filtro se le ha denominado Filtro de Entrada. El otro filtro es utilizado para el cálculo de los picos de energía y por tal motivo se le ha denominado Filtro para el cálculo de los Picos de Energía. Para el procesamiento de cada canal se necesita usar un filtro de cada uno de ellos. La configuración de las características específica de cada uno de los filtros solo puede ser modificada en la pestaña denominada **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Aquí solamente puede seleccionarse cuál de los filtros será usado en cada posición (Entrada o Pico de energía).

La pestaña de filtros permite configurar los parámetros de los filtros utilizados. La manipulación del listado de filtros se realiza a través de una barra de navegación en

listados tabulados de forma similar a la explicada anteriormente. El significado de cada uno de los campos es el siguiente:

- Nombre: Nombre con el cual se identificará al filtro en la opción de “Canales”. El nombre debe ser único e irrepetible. Para poder especificar en la opción “Canales” un determinado filtro, este filtro debe ser creado usando esta opción. Si se desea renombrar o eliminar un filtro que está siendo utilizado por alguno de los canales, se generará un error y no se permitirá la modificación o eliminación de dicho filtro. Para poder modificar o eliminar el filtro primero debe asegurarse de que dicho filtro no está siendo utilizado por ningún canal.
- Tipo: Tipo de filtro. Indica el tipo de filtro. Las opciones actuales son: Ninguno, Bessel, ButterWorth, Chebyshev.
- Orden: Orden del filtro. Es un valor entero que indica el orden del filtro.
- Tipo de respuesta: Indica el tipo de respuesta del filtro. Las opciones actuales son: Pasa-Bajo, Pasa-Alto, Pasa-Banda, Supresor de banda.
- Frecuencia de Corte Inferior (Hz): Especifica la frecuencia de corte inferior del filtro en Hertz.
- Frecuencia de corte Superior (Hz): Especifica la frecuencia de corte superior del filtro en Hertz.
- Ripley (Chebyshev): Indica el valor del Ripley para el caso del filtro de tipo Chebyshev. Si el filtro no es del tipo Chebyshev entonces este campo no tiene ninguna función.

La pestaña de sensores permite configurar los parámetros de los sensores utilizados tales como:

- Nombre: Nombre con el cual se identificará al sensor en la opción de “Canales”. El nombre debe ser único e irrepetible. Para poder especificar en la opción “Canales” un determinado sensor, el sensor debe ser creado usando esta opción. Si se desea renombrar o eliminar un sensor que está siendo utilizado por alguno de los canales, se generará un error y no se permitirá la modificación o eliminación de dicho sensor. Para poder modificar o eliminar el sensor primero debe asegurarse de que dicho sensor no está siendo utilizado por ningún canal.
- Tipo de sensor. Indica el tipo de sensor. Las opciones actuales son: Desplazamiento, Velocímetro, Acelerómetro, Otro.
- Ganancia: Valor por el cual se multiplicará la salida del filtro.
- Valor mínimo, Valor máximo: Valores mínimo y máximo que podrá tomar la salida del sensor.
- Fabricante: Nombre del fabricante del sensor.
- Modelo: Modelo del sensor.

- No. Serie: Número de serie del sensor utilizada.
- Unidad: Unidad de medida utilizada.
- Sensores: Permite seleccionar el sensor que será utilizado en dicho canal para realizar las mediciones. Para poder seleccionar un sensor aquí, primero tiene que haberse insertado en la opción “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia**”. La selección del sensor se realiza por el nombre que se le dio previamente. La modificación de los datos de los sensores solamente puede hacerse en la opción “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**” descrita anteriormente en el epígrafe “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia**”.

La pestaña de unidades permite insertar/modificar/eliminar el listado de unidades de medidas a utilizar.

Otra de las opciones fundamentales del software lo constituye la de “Realizar diagnóstico” (ver Figura 3.4) ya que en esta opción el sistema realiza un análisis más detallado de la medición y en base a un sistema de experto, brinda un diagnóstico de las posibles fallas que se presentan en la maquinaria. Para realizar este diagnóstico el sistema de experto utiliza los análisis de tendencias entre los datos de referencias anteriormente almacenados y el comportamiento actual de las vibraciones de la máquina. Además, los requerimientos de la norma ISO 13374-1 (2003) y demás indicadores que se definen en las publicaciones y normas expuestas en el punto anterior del escrito.

El software del sistema se desarrolló de tal forma que intervienen dos actores diferentes, el operador y el analista de vibraciones. El *operador* tiene como responsabilidad energizar e inicializar al módulo de captura cada vez que se vaya a realizar las mediciones, igualmente es el encargado de estar chequeando las mediciones para tomar las medidas pertinentes en caso de existir alguna anomalía.

El *analista de vibraciones* tiene como responsabilidad instalar el software del sistema, configurar el sistema, generar los reportes, así como posicionar de forma correcta los sensores. Para esto tiene que interactuar con los módulos de configuración y de visualización y reportes.

3.4 Conclusiones

Como resultado del presente trabajo se desarrolló de un sistema para la medición, análisis y diagnóstico de las vibraciones mecánicas, muy útil en el mantenimiento predictivo industrial. El mismo puede ser utilizado para realizar las mediciones de forma manual o automática. Está compuesto por un módulo electrónico y un

software. El módulo electrónico permite el trabajo desde 1 hasta 16 sensores ya sean acelerómetro o velocímetros. El software desarrollado incluye un sistema de experto para el diagnóstico más aceptado de las posibles fallas que presente la maquinaria, utilizando para ello las normas existentes. Este se desarrollo en lenguaje “object pascal” utilizando como ambiente de desarrollo al binomio Lazarus/Free pascal por ser multiplataforma, código abierto y libre. Esto hace que, a diferencia del software similar existente, este pueda ser adaptado fácilmente a las condiciones concretas de cada empresa. Este trabajo se desarrolló a solicitud de una empresa que presta servicio de mantenimiento industrial. El mismo ha sido probado por parte de la empresa con resultados satisfactorios. Como trabajos futuros se pretende desarrollar un nuevo módulo electrónico que permita conectar los sensores de forma inalámbrica al sistema.

Lista de referencias

- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance*, Keith Mobley; Hardcover.
- White, G. (1990). *Introducción al Análisis de Vibraciones*, AZIMA DLI, (www.azimadli.com).
- Holek, R. S. (2005). *Aspectos claves para un exitoso programa de monitoreo de vibraciones y la norma ISO 13374-1*, Reliability world Latin America, (www.noria.com/sp/rw2005.asp).
- Standard ISO2372 (1974). *Mechanical Vibration of Machines with Operating Speeds from 10 to 200 rev/sec.*
- Standard ISO10816-3 (1998). *Mechanical Vibration- Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts.*
- APMA, (1987). *Australian Pump Technical Handbook.*
- Beebe R. S., (1995). *Machine condition monitoring, MCM Consultants reprint.*
- William, W.; Cato, R.; Mobley, K. (1998). *Computer-Managed Maintenance Systems in Process Plants: A Step-By-Step Guide to Effective Management of Maintenance, Labor, and Inventory in Your operation.*
- Srivastava, M. P. (1993). *IRD Mechanalysis, Vibration Monitoring for Predictive Maintenance*, Purchase.
- Rao, J. S. (2000). *Vibratory Condition Monitoring of Machines*, Narosa Publishing House, pp. 354-356.
- Satyan, B. R.; Nagarajan, H. N., (1998). *Predictive Maintenance through Vibration Monitoring*, Technical article, Noise and Vibration Laboratory, CMTI.
- Standard ISO13374-1, (2003). *Condition monitoring and diagnostic of machines- data processing, communication and presentation.*
- Nakra, B. C.; Yadava, G. S.; Thuestad, L., (1989). *Vibration Measurement and Analysis*, National Productivity Council, New Delhi, pp. 54-60.

Parte II

Industria Portuaria

- Cap. 4 Impacto de las actividades económicas en México sobre la demanda de servicios portuarios de 1996 al 2015
- Cap. 5 Impacto del Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2016-2021, del puerto de Tampico, sobre el nivel de agua del río Pánuco
- Cap. 6 Aplicación de árboles de decisión para determinar la entrada de camiones en terminales de contenedores

Capítulo 4

Impacto de las actividades económicas en México sobre la demanda de servicios portuarios de 1996 al 2015

Dionicio Morales Ramírez¹

*Julio Mar Ortiz²

María D. Gracia³

Oscar Laureano Casanova⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: jmar@docentes.uat.edu.mx

Resumen

El objetivo del presente trabajo consiste en estudiar la relación entre las actividades económicas de México medida por el Producto Interno Bruto (PIB) y la demanda de servicios portuarios medida por el movimiento portuario de carga. Para ello, se emplea un análisis de cointegración con series de tiempo de 1995 al 2015 en frecuencia trimestral. Los resultados señalan que las variables se encuentran cointegradas por lo que existe una relación estable de largo plazo entre ellas. En este sentido un incremento del 1% en las actividades económica, incrementa en 1.365% la demanda de servicios portuarios del país en el largo plazo. En tanto que en el corto plazo la demanda de servicios se incrementa 1.429%. Además, existe evidencia estadística que nos indica que los movimientos en el PIB hacen reaccionar al movimiento portuario de carga a su estado de equilibrio a una velocidad lenta (-.294).

Palabras clave: Actividades portuarias • Series de tiempo • Cointegración

¹ Doctor en Ciencias Sociales. Integrante del CA en Productividad y optimización.

² Doctor en ciencias de Ingeniería. Líder del CA en Productividad y optimización.

³ Doctora en Ciencias de Ingeniería. Integrante del CA en Productividad y optimización-ingiería de operaciones.

⁴ Doctor en Ingeniería de Procesos. Integrante del CA en Productividad y optimización.

5.1 Introducción

El transporte, es una actividad vital para mantener los flujos comerciales entre regiones o países. Además, es considerado un eslabón básico de las cadenas de distribución de materia prima y productos terminados, también potencia la posibilidad de aumentar la conquista de mercados en el exterior y para aumentar la competitividad del comercio (IMT y SCT, 1999).

Tanto el transporte terrestre, aéreo y marítimo son piezas claves de la cadena de distribución. De acuerdo a la Organización Mundial del Comercio (OMC), el valor del comercio mundial de mercancías ascendió a 19 billones de dólares (OMC, 2016). Siendo más del 80% de ellas comercializado a través de la vía marítima (Bancomext, 2016). En este sentido, en lo referente al movimiento de contenedores, el tráfico mundial registrado fue de 679 millones de TEUs (unidades equivalentes para referirse a contenedores de 20 pies) en el 2014. De los cuales América del Norte y México aportan 57.3 millones de TEUs, constituidos de la siguiente forma: Estados Unidos con 81%, Canadá con 9.7% y México 9.2% (BM, 2016).

Por otro lado, de acuerdo a la información emitida por la CEPAL, América Latina y el Caribe movieron aproximadamente 45.7 millones de TEUs en el 2014, siendo el aproximadamente el 62% de estos movimientos generado en cinco países y en donde México se situó en la tercera posición con el 11% (CEPAL, 2016). Por lo que es necesario contar con infraestructura adecuada para poder solventar la demanda de servicios que se generan y con ello evitar cuellos de botella de los puertos, pérdida de tiempo en las operaciones de carga y descarga, recursos económicos, así como retraso en la entrega del producto final al consumidor. Ello, demuestra la importancia de este medio de transporte para el desarrollo de las actividades económicas. En donde el rol de los puertos y los servicios portuarios es fundamental (UNCTAD, 2016).

El objetivo del presente trabajo consiste en estudiar la relación entre las actividades económicas de México medida por el Producto Interno Bruto (PIB) y la demanda de servicios portuarios medida por el movimiento portuario de carga. Para ello, se emplea un análisis de cointegración con series de tiempo de 1995 al 2015 en frecuencia trimestral. El estudio se divide en X secciones: En la primera, se hace la revisión de la literatura sobre el tema. En la segunda, se presenta la metodología de análisis. En la tercera, los resultados son presentados. Por último, las conclusiones del estudio son brindadas.

4.2 Fundamentos

Movimientos portuarios y Economía

En esa sección, se presenta un resumen de las lecturas sobre artículos que analizan la relación entre movimientos portuarios y la economía mediante el uso de series

de tiempo. En este ámbito, se identificó el trabajo de (Anguibi, 2015) quien estudia la relación a largo plazo entre la actividad económica, la inversión extranjera y nacional y la producción total del sector portuario en costa de Marfil. Para ello emplearon un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos y la prueba de causalidad de Non-Granger Toda-Yamamoto durante el periodo 1980 al 2013. Los resultados encontrados señalan que la actividad económica y la inversión extranjera influyen sobre la productividad del sector portuario, aunque reconoce que la estrategia para mejorar los servicios y las operaciones del puerto se requiere mejorar la infraestructura mediante la tracción de inversión.

(Rashed, et al., 2015) elaboraron un modelo de pronósticos de la demanda de contenedores a nivel portuario. Para ello, emplean un conjunto de datos basados en series cronológicas de enero de 1995 a julio del 2014. En el artículo se adoptaron dos enfoques dinámicos de modelado de series temporales. El primero fue el de media móvil integrada autorregresiva (ARIMAX), el cual se basa en la metodología de (Box y Jenkins). El segundo, se calculó un modelo de corrección de errores usando el método de Engel-Granger para poder evaluar el efecto a corto y a largo plazo. Los autores concluyen que el modelo (ARIMAX) es más preciso para la predicción de este caso.

(Rashed, et al., 2013), pronostican el volumen de carga y descarga de contenedores del puerto de Antwerp con datos mensuales de enero de 1995 a enero del 2013 mediante un análisis univariado llamado SARIMA. Los autores encuentran que este modelo es el más adecuado para calcular el volumen de los contenedores. Cabe mencionar que el modelo univariante no depende de otras variables, como los métodos que son a largo plazo.

(Peng y Chu 2009), hacen una comparación de seis modelos univariados para pronosticar el volumen de producción de carga y descarga de contenedores de tres puertos importantes de Taiwán. Dichos autores utilizaron datos mensuales de enero del 2003 a diciembre del 2006 con la finalidad de saber cuál método es el mejor para calcular el volumen de los contenedores. Encontrando que el mejor método es el modelo clásico de descomposición de series de tiempo. Para determinar cuál de los modelos propuestos genera pronósticos más eficientes calcularon algunas medidas de ajuste, error absoluto medio y error cuadrático medio.

(Yap y Lam 2005), realizaron un estudio sobre diez puertos ubicados en el este de Asia para determinar la relación dinámica de competencia entre ellos. Para lo cual, emplean series de tiempo en logaritmos del movimiento total de carga y descarga de los puertos en el periodo de 1970 al 2001. Aplican pruebas de cointegración, vectores autorregresivos y el modelo de corrección de error. Los resultados del estudio señalan que para la mayoría de los puertos existe una competencia dinámica es decir el incremento en la demanda en servicios portuarios

en un determinado puerto afecta en algún sentido (positivo o negativo) la demanda de servicios en otro puerto. Por ejemplo, las actividades del puerto Hong Kong favorecen de manera positiva al de puerto de Pausan, en contraparte la demanda de los movimientos portuarios de Tokio afecta de manera negativa a Kaohsiung.

(Seabrooke, et al., 2002) realizaron un estudio mediante un análisis de regresión, donde predicen el crecimiento de descarga de contenedores y el desarrollo del puerto de Hong Kong. El objetivo de su estudio es investigar el desempeño del puerto de Hong Kong en contexto regional y las perspectivas de dicho puerto. Para identificar posibles escenarios futuros del mismo. Para ellos los autores emplearon un modelo de regresión mediante mínimos cuadrados ordinarios con datos anuales de 1983 a 1999. En donde la variable dependiente son los movimientos totales de carga de contenedores y las variables independientes son indicadores macroeconómicos. Los resultados del análisis señalan que a pesar de la competencia de los puertos aledaños a Hong Kong las actividades de carga y descarga seguirán creciendo, aunque lo harán a tasas decrecientes.

5.3 Metodología

El modelo: Para estimar el impacto de las actividades económicas sobre la demanda de servicios portuarios se propone la siguiente ecuación en logaritmos:

$$\ln MVP_t = \alpha_0 + \beta_1 \ln PIB_t + E_t^{(1)}$$

Donde MVP_t es el movimiento portuario de carga total (MVP) del país en el periodo t medido en TEU's. PIB_t es Producto Interno Bruto del país medido en millones de pesos a precios del 2008, en frecuencia trimestral de 1996 al 2015. Estimar la ecuación 1 mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) nos indica los efectos de largo plazo, sin embargo, para que los resultados sean válidos (no espurios) es necesario probar que las variables estén cointegradas⁵. El procedimiento común para trabajar con series de tiempo pueden resumirse en 3 pasos: 1) Que las variables sean integradas del mismo orden I(d). Para ello, se emplea la prueba de DickeyFuller Aumentada (ADF) en donde la hipótesis nula indica la presencia de raíz unitaria, si la hipótesis nula no se rechaza la variable tiene raíz unitaria -no estacionaria- y será necesario diferenciarla hasta eliminar la raíz unitaria o hacerla estacionaria⁶.

⁵ Si existe cointegración se dice que las variables guardan una relación estable de largo plazo, Véase Gujarati (2004).

⁶ Para diferenciar se usa $Y_t - Y_{t-1}$ si diferenciamos "d" veces se dice que la variable es de orden "d". Aunque también puede hacerse diferenciación estacional ($Y_t - Y_{t-12}$ y $Y_t - Y_{t-4}$) para datos mensuales y trimestrales respectivamente.

2) Realizar pruebas de cointegración al estilo Engel-Granger sobre el residuo de la ecuación 1 y encontrar los efectos de largo plazo. 3) Estimar el modelo de corrección de errores (ECM) para encontrar los efectos de corto plazo y la velocidad de ajuste hacia el equilibrio.

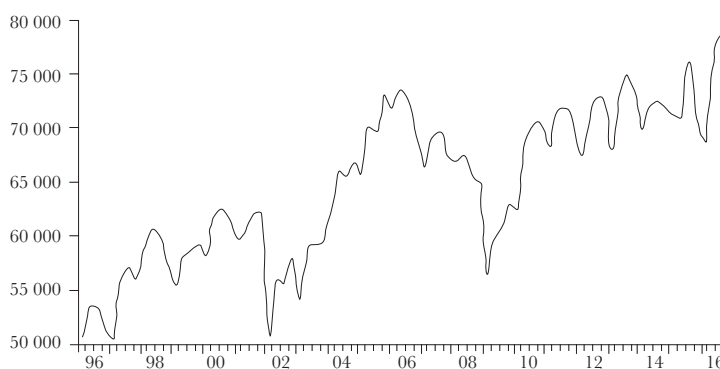
Fuentes de Información: La información estadística sobre el movimiento portuario de carga total (MVP) del país en TEU's y el Producto Interno Bruto (PIB) en millones de pesos a precios del 2008, en frecuencia trimestral de 1996 al 2015 fueron obtenidas del Banco de Información Económica del INEGI.

Estimaciones

En esta parte se presentan las estadísticas básicas, las gráficas, los resultados de aplicar las diversas pruebas y así como el modelo descrito anteriormente.

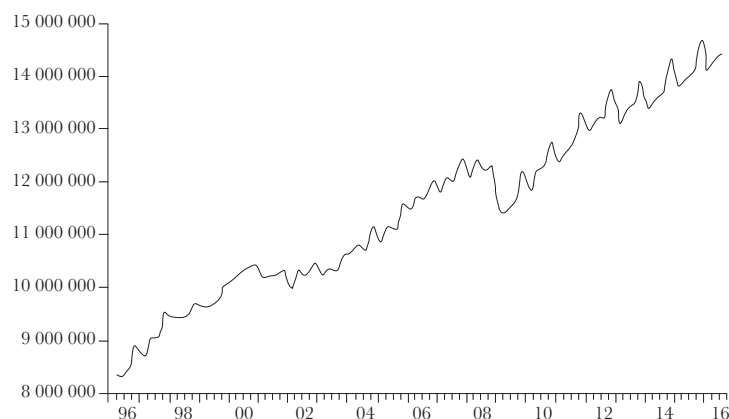
Tabla 4.1 Estadísticas básicas de las variables

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
MVP	83	50 386.00	78 987.00	64 697.13	7 061.57
PIB	83	8 341 359.70	14 663 623.30	11 478 629.77	1 676 355.61



Gráfica 4.1 Movimiento portuario de carga total

En esta gráfica 4.1 se observan valores atípicos durante el 2002 y el 2008, dichos movimientos asociados a periodos de crisis económica en el país. Lo que deberá ser tomado en cuenta a la hora de realizar las pruebas estadísticas de estacionariedad. En la siguiente gráfica se presenta la evolución del PIB para el periodo de estudio.



Gráfica 4.2 PIB de México a precios del 2008

En esta gráfica 4.2 se observa una tendencia creciente con una caída fuerte en el 2008, misma que corresponde a una crisis económica vivida en el país debido a un shock internacional y que deberá ser tomado en cuenta también a la hora de realizar las pruebas estadísticas de estacionariedad. Vale la pena comentar que las variables se encuentran correlacionadas positivamente (0.879).

Pruebas de raíz unitaria: Se aplicó la prueba DickeyFuller Aumentada (ADF) y la DickeyFuller Aumentada en presencia de Breakpoint para probar estacionariedad en la variables de estudio. Recordemos que un supuesto clásico del modelo de regresión lineal nos dice que las variables deben ser estacionarias -no tener raíz unitaria- para evitar problemas de regresión espuria. En la tabla 2 del anexo se presentan las pruebas de raíz unitaria.

Tabla 4.2 Pruebas de estacionariedad

Variables	DickeyFuller Aumentada (Nivel)	DickeyFuller Aumentada con Break Point	DickeyFuller Aumentada (Primeras diferencias)	Orden de Integración
	Constante y tendencia	Constante y tendencia BP (2008Q2)	Constante y tendencia	
MVP	-3.867*	-3.755	-3.552*	I(1)
PIB	-4.304*	-3.621	-3.942*	I(1)

En tabla 4.2, se observa que al aplicar la prueba ADF al logaritmo natural de las variables de estudio la hipótesis nula (existencia de raíz unitaria) se rechaza, con lo cual se puede correr el riesgo de pensar que la series son I(0) o estacionarias en

niveles. Sin embargo, como se observó en las gráficas anteriores existe la posibilidad de un breakpoint por lo que se estimó la ADF considerando esta característica. Y los resultados señalan el no rechazo de la hipótesis nula (existencia de raíz unitaria en presencia de breakpoint) y por lo tanto la serie tiene raíz unitaria o es no estacionaria en niveles. Para identificar el orden de las variables se aplicó nuevamente la prueba ADF sobre las primeras diferencias de las variables de estudio y se encontró que estas fueron significativas por lo que nuestras series son de orden 1. Por lo que el análisis de cointegración es pertinente (véase tabla 4.3).

Cointegración de Engel-Granger: Cuando las variables son no estacionarias debemos transformarlas tomando las primeras diferencias para determinar el orden de integración y poder aplicar el enfoque de cointegración. Una vez identificado que el orden de las variables económicas es el mismo I(1), estimamos mediante MCO la ecuación 1, de donde se obtiene el residuo y se le aplica la prueba ADF. La idea aquí, es encontrar un residuo estacionario I(0). Si esto sucede, podemos decir que las variables están cointegradas y podremos aplicar la metodología del modelo de corrección de errores. El resultado de la estimación de la ecuación 1 (*Estadísticamente significativas al 5% de confianza) se ve en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Estimación de largo plazo mediante MCO

Variable	Coefficiente	t
C	-10.930	-2.892*
LPIBX	1.365	5.782*
@TREND	-0.004	-3.098*
Rcuadrada	0.805	
Rajustada	0.800	
Durbin-Watson	0.855	

La prueba Durbin-Watson hace pensar que el modelo puede ser espurio. Para descartar esta posibilidad se aplicó la prueba de ADF sobre el residuo⁷. La prueba “t” basada en los valores de MacKinnon⁸ nos indican que la hipótesis nula de raíz

⁷ Dado que el DW es mayor que el valor crítico 0.386 (0.686 > 0.386) se concluye que las variables se cointegran. Véase Gujarati, pág. 711.

⁸ Valor de -3.78 con tendencia y -3.34 sin tendencia

unitaria se rechaza al 5% de confianza y por lo tanto, el residuo es estacionario o cointegrado⁹.

Tabla 4.4 Prueba ADF sobre el residuo

Variables	Datos a nivel			Orden de Integración
	Constante	Constante y tendencia	Ninguna	
Residuo	-3.769*	-3.792*	-3.796*	I(0)

Corrección de Error: Se estima el modelo de corrección de errores (ECM) para captar los efectos de corto plazo empleando las primeras diferencias al estilo $Y_t - Y_{t-1}$. Además se incluyeron variables en 2002 y 2008 para captar los efectos de la crisis económica, aunque solamente el de 2002 fue estadísticamente significativo al 5% y 10% respectivamente, motivo por el cual se reporta en la siguiente tabla 4.5 resumen:

Tabla 4.5 Estimación del corto plazo mediante MCO

Variable	Coficiente	t
DLPIBX	1.429888	6.322*
DLPIBX(-1)	-0.529176	-3.279*
DLPIBX(-3)	0.695596	4.569*
DLPIBX(-4)	-0.396065	-1.735**
RESIDUO(-1)	-0.294365	-3.646*
D2002	-0.149186	-4.711*
R cuadrada	0.650246	
R ajustada	0.625958	
Durbin-Watson	2.16537	

Adicionalmente se elaboraron pruebas de normalidad sobre el error y se encontró un JarqueBera de 2.82 por lo que el residuo se distribuye normal. No se encontraron

⁹ Una vez que se verificó que el residuo fuera I(0) se realizaron las pruebas de autocorrelación y heterocedasticidad y se corrigió el modelo con la matriz de errores estándar de Newey-West disponibles en el software Eviews 5, los resultados de la tabla 5 presentan los errores estándar robustos. El modelo presentó un JarqueBera de 0.368 por lo cual no tiene problemas de normalidad.

problemas de heterocedasticidad, ni de autocorrelación serial. Además de que la prueba ADF sobre el error indicó que el residuo no tiene raíz unitaria o en otras palabras es estacionario.

4.4 Conclusiones

Los resultados encontrados mediante el análisis de cointegración elaborado entre las actividades económicas representadas por el PIB y la demanda de servicios portuarios aproximada por el total de movimientos portuarios de carga para el caso mexicano, señalan que existe una relación estable de largo plazo entre ambas variables. En tanto que en el corto plazo existe evidencia estadística que nos indica que las actividades económicas del país hacen reaccionar a la demanda de servicios portuarios hacia su equilibrio a una velocidad lenta (-0.294).

De acuerdo a los resultados de la tabla 4.3, un incremento porcentual del 1% en la actividad económica del país, incrementa en 1.365% la demanda de servicios portuarios en el largo plazo. Esto quiere decir que la demanda de servicios es sensible ante cambios en el ritmo de la actividad económica. Ya que el cambio es más que proporcional al cambio del 1% en las actividades económicas. En tanto que en el corto plazo la demanda de servicios se incrementa en 1.429%. En otras palabras, en el corto plazo las variaciones en la actividad económica afectan en mayor medida a la demanda de servicios portuarios que en el largo plazo. Respecto a la variable dummy que capta el efecto de la crisis económica de 2002, señala que la demanda se cae 0.14% más respecto de los periodos en donde no hay crisis.

Los hallazgos anteriores son útiles para la construcción de escenarios a los que se pueden enfrentar los administradores de los puertos mexicanos. Lo cual permite elaborar estrategias con antelación para administrar de manera eficiente los recursos portuarios. Vale la pena comentar que, para obtener resultados más robustos, es necesario incrementar el número de observaciones, así como la inclusión de otras variables de control como la inversión extranjera o el gasto en infraestructura entre otras.

Lista de referencias

- Anguibi. (2015). An investigation of the long-run and causal relationships between economy performance, investment and port sector productivity in Cote d'Ivoire. *Scientific Research publishing inc.*, 31-36.
- BM, (2016). Banco de datos mundial. *Indicadores de desarrollo mundial*. Recuperado de internet: <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx?source=indicadores-del-desarrollo-mundial> [Accesado el 2 de Febrero de 2016].
- Bancomext, (2016). *Reporte Sectorial de la División de Estudios Económicos: Transporte y Logística*. Recuperado de internet: <http://www.bancomext.com/wp-content/uploads/2016/04/EES-Logistica-2016-1.pdf>. [Accesado el 2 de Febrero de 2016].
- CEPAL, (2016). *Estadísticas de América Latina y Chile*. Recuperado de internet: <http://interwp.cepal.org/sisgen/ConsultaIntegrada.asp?idIndicador=1044&idioma=e> [Accesado el 2 de febrero de 2016].
- OMC, (2016). *Reporte estadístico del comercio mundial*. Capítulo III. Recuperado de internet: https://www.wto.org/spanish/res_s/statis_s/wts2016_s/WTO_Chapter_03_s.pdf. [Accesado el 2 de febrero de 2016].
- Peng, C., (2009). A comparasion of univariate methods for forecasting container throughput volumenenes. *Sciencedirect*, 1046-1056.
- Rashed, M. (2013). *The role of leading economic indicators in forecasting container demand: A dynamic econometric approach*. 1-23.
- Rashed, Y., Meersman, H., Sys, C., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2015). The role of leading economic indicators in forecasting container demand: A dynamic econometric approach. *In The Port and Maritime Sector: University of Antwerp*, 1-31.
- UNCTAD, (2016). Trade and development report 2016. Recuperado de internet: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tldr2016_en.pdf [Accesado el 2 de febrero de 2016].
- Seabrooke, H. L. (2002). Forecasting cargo growth and regional role of the port of Hong Kong. *Elsevier science*, 52-61.
- Yap, L. (2005). Competition dynamics between container ports in East Asia. *Science direct*, 36-45.

Capítulo 5

Impacto del Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2016-2021, del puerto de Tampico, sobre el nivel de agua del río Pánuco

*Eugenia Graciela Villarreal Snyder¹
María Elena Martínez García²
Ruth del Carmen Galindo López³
Antonio Vidal Acosta⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: evillars@docentes.uat.edu.mx

Resumen

El puerto de Tampico, concesionado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a la Administración Portuaria Integral de Tampico, ha desarrollado en los últimos veinte años estrategias y acciones para ser un polo de desarrollo económico en la zona sur del estado de Tamaulipas, México. Su proximidad con el puerto de Altamira lo ha llevado a especializarse en el manejo de cargas no contenerizadas, tales como hidrocarburos, gránulos minerales, acero, azúcar, madera, fertilizantes, carga sobredimensionada, así como la construcción de plataformas petroleras. En sus diversos Programas Maestros de Desarrollo Portuario (PMDP) y hasta el primer semestre del año 2016, el puerto de Tampico ha definido, dentro de sus metas y objetivos, líneas de acción para promover la competitividad y mejora en el servicio ofertado a los dueños de las cargas marítimas. A partir del mes de diciembre 2016,

¹ Doctora en Administración, especialista en planeación y desarrollo portuario. Líneas de interés e investigación: desarrollo en puertos de cargas comerciales y turísticos de pequeña y mediana escala.

² Maestro en Administración Industrial, Estudiante del Doctorado en Gestión Estratégica de Negocios, especialista en Marketing y Competitividad.

³ Ingeniero Civil, Doctora en Medio Ambiente.

⁴ Ingeniero Civil, Doctor en Medio Ambiente.

el PMDP 2016-2021 del puerto de Tampico contempla cambios sustanciales en la actividad portuaria de Tampico al desincorporar nueve de sus once muelles públicos de la operación de la carga general y al ceder al turismo y a la pesca deportiva y recreativa seis de estos once muelles. El presente trabajo reporta los resultados, de acuerdo a un estudio de nivel de riesgo de inundación, de los cambios en el citado PMDP relativos al nivel de agua del río Pánuco en el puerto de Tampico.

Palabras clave: Desarrollo portuario • Programa maestro • Dragado

5.1 Introducción

Los Programas Maestros de Desarrollo Portuario (PMDP) del puerto de Tampico de 1994 hasta el año 2016 han definido, dentro de sus metas y objetivos, líneas de acción para consolidar al puerto como una opción competitiva en la oferta de servicios a los dueños de las cargas marítimas. El Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2016-2021 del puerto de Tampico contempla modificaciones a los usos, destinos y formas de operación de sus zonas portuarias. Dentro de las más significativas se encuentran aquellas que consideran destinar a usos turísticos y náuticos deportivos zonas que en los últimos cien años se han utilizado para la recepción de buques de carga general, de comercio exterior o nacional.

La reconversión de seis muelles, que en la actualidad operan como muelles de comercio exterior, a muelles turísticos y deportivos evitará la necesidad de dragar algunas zonas del río Pánuco y los paramentos de los citados muelles. La falta de dragado incrementará el lecho o fondo del río Pánuco en la zona no dragada, en particular en la zona centro de Tampico, Tamaulipas. Las avenidas y crecidas del río Pánuco en temporada de lluvias desplazarían el agua que hoy se acumula en las zonas dragadas hacia la masa continental más baja, siendo ésta la zona baja de los mercados de Tampico.

El presente trabajo reporta los resultados, de acuerdo a un estudio de nivel de riesgo de inundación, de los cambios en el citado PMDP relativos al nivel de agua del río Pánuco en el puerto de Tampico.

5.2 El puerto de Tampico

Descripción y características

El puerto de Tampico se encuentra concesionado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a la Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V. Diario Oficial de la Federación del 29 de septiembre de 1994, Concesión de la Administración Portuaria de Tampico, S.A. de C.V. Tampico es uno de los puertos con mayor antigüedad del país, que ha manteniendo a lo largo de su historia una importante presencia compartida, respecto a la carga comercial,

con el puerto de Veracruz. Tampico es uno de los principales puertos en la costa este de México, sirviendo de entrada y salida, para productos mineros, petroquímicos, acero, madera y otros productos industriales.

Hoy en día, al ser uno de los puertos con mayor actividad, escenario que comprueba los grandes retos que ha enfrentado en los últimos diez años debido a cambios estructurales sumados a la competencia con los puertos estadounidenses y el primero por el número de terminales portuarias de uso particular. Tampico cuenta con dos terminales públicas, 6 privadas y 10 patios destinados a la construcción de plataformas marinas de perforación, Localizado sobre la costa del Golfo de México, en la parte Sureste del estado de Tamaulipas; colinda con el estado de Veracruz a través del río Pánuco; siendo sus coordenadas 22° 16' 00" latitud Norte 97° 47' 00" longitud Oeste.

El puerto de Tampico es un puerto fluvial que se sitúa en ambas márgenes del río Pánuco. La margen izquierda comprende los municipios de Tampico y Madero en el estado de Tamaulipas y Pánuco del estado de Veracruz; mientras que la margen derecha lo forma el municipio de Pueblo Viejo en el estado de Veracruz.

También se relaciona con su comunidad portuaria, a través de la infraestructura proporcionada para asegurar la navegación a lo largo del canal de navegación, contando con dos escolleras (ver Figura 5.2); la Norte que se encuentra en la margen izquierda de la desembocadura del río Pánuco con 1 340 m de longitud, y la Sur ubicada en la margen derecha con una longitud de 1 445 m. Además de un espigón de 185 m aproximadamente a 100 m de la escollera Sur.



Figura 5.1 Puerto de Tampico

Fotografía: José Luis Tapia Sánchez

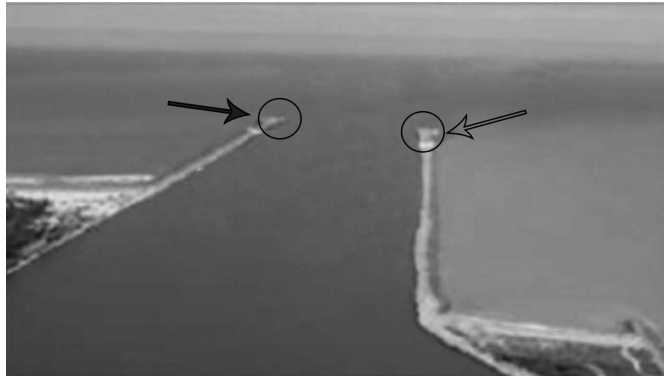


Figura 5.2 Espigones de la escollera

El puerto de Tampico se distingue del resto de los puertos por contar con la mayor área de superficie techada, entre bodegas y cobertizos, siendo ésta superior a los 55 000 m². Cuenta con un señalamiento marítimo conformado por un faro giratorio de 43 m de altura, 12 balizas con luz destellante distribuidas a lo largo del canal de navegación y una boya de recalada, ubicada a 2 millas náuticas a partir de las escolleras hacia mar adentro. El puerto de Tampico es un puerto fluvial, motivo por el cual anualmente realiza un programa de dragado de mantenimiento para dar atención a las profundidades de operación en el canal de navegación y los paramentos de las Terminales Públicas, siendo éstas definidas en las reglas de operación.

El recinto portuario está conformado, en su gran mayoría, por la una franja terrestre sobre la margen del río, equivalente a 20 metros de tierra adentro a partir de la orilla del río Pánuco y a lo largo de los 22 kilómetros en cada margen del río, dando una longitud total de 44 kilómetros; por lo que la API Tampico sólo puede otorgar en concesión el frente de agua solicitado, por lo que la persona moral o física que esté interesada en instalarse en el puerto, debe comprar o rentar el terreno colindante al frente de agua que le sea de interés. Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2012-2017)

Vocación del puerto

De acuerdo al Programa Maestro de Desarrollo Portuario de Tampico 2016-2021, <https://puertodetampico.com.mx/desarrollo/pmd.html>, el puerto de Tampico ofrece infraestructura y servicios para atender seis líneas de negocio de carga comercial, mediante la operación de sus once terminales portuarias. Las líneas de negocio predominantes que atiende el puerto son:

- **Petróleo y derivados:** representa la línea de negocio con mayor movimiento en el puerto de Tampico. En el año 2014 movilizó 5.012 millones de toneladas, que representaron el 74% de la carga total del puerto. Esta carga es operada por PEMEX, integrada principalmente por: la exportación de petróleo crudo, extraído en el municipio de Altamira, con destino a Estados Unidos; la salida en tráfico de cabotaje de gasolinas y diésel, producidos en la refinería de Ciudad Madero, con destino a los puertos de Coatzacoalcos y Progreso; y, a las importaciones de gasolina y diésel proveniente de Estados Unidos para el mercado nacional.
- **Granel mineral:** En 2014 manejó 1.241 millones de toneladas, que representaron el 18% de la carga total. Fundamentalmente este movimiento consiste en el manejo de cemento y clinker en tráficos de cabotaje y exportación, producidos en el estado de San Luis Potosí; y, en la exportación de fluorita que proviene de San Luis Potosí.
- **Carga general:** las principales cargas son productos de acero, madera y papel de exportación e importación, así como la exportación de azúcar. En 2016 se operaron más de 800 mil toneladas, que representó un alcance pronosticado para el año 2022 en un escenario optimista.
- **Fluidos no petroleros:** con exportación de melaza, producida en los estados de San Luis Potosí y Veracruz. En 2014 se manejaron 158.6 mil toneladas, el 2% de la carga total.
- **Granel agrícola:** con exportación de azúcar a granel originaria de los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. En 2014 se exportaron 95.5 mil toneladas, representando el 1.4% de la carga total.
- **Construcción y reparación de plataformas marinas:** en el sistema portuario del Golfo de México, el puerto de Tampico ocupa el primer sitio en la construcción y reparación de este tipo de artefactos navales para la industria petrolera. Actualmente a lo largo del puerto operan 11 instalaciones de construcción, reparación y mantenimiento de plataformas petroleras. Durante los años 2015, 2016 y 2017 no se han registrado construcciones relevantes en este rubro derivado de la desaceleración económica de PEMEX y la implementación de la Reforma Energética.

Empresas instaladas

Cuenta con instalaciones portuarias de servicio para el transporte marítimo comercial y se desarrolla en una extensión de 22 kilómetros sobre ambas márgenes del río Pánuco, alojando 31 posiciones de atraque, de las cuales 11 son públicas utilizadas para carga comercial (carga general unitizada y fraccionada, contenedores,

granel agrícola, granel mineral y fluidos. Las 20 posiciones restantes pertenecen a terminales privadas destacando algunas como:

- Terminal Marítima Madero (Petróleo y derivados)
- Proteínas Tamaulipas (Agrícola)
- Naviera Armamex (Reparaciones navales y recuperación de metales por desguace de embarcaciones)
- Cemex (Cemento)

El puerto cuenta con un gran número de empresas de diversos giros económicos como: constructoras de plataformas de perforación, desguace de embarcaciones, gasolineras, reparación de embarcaciones, clubes deportivos, avituallamiento, pesqueras, entre otras.

Terminales públicas

El puerto de Tampico se ha caracterizado por su organización laboral en el ámbito portuario relacionado con la atención en los servicios de maniobras en las Terminales Públicas, construidas por el gobierno federal como bienes de uso público para la atención de los importadores y exportadores.

5.3 Programas maestros de desarrollo portuario en tampico *PMDP 1994-2016*

El Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) se elabora en los puertos del sistema nacional de los puertos mexicanos cada cinco años para plasmar las directrices en las que cada puerto trabajará durante la duración de éste. Cada PMDP debe guardar continuidad y congruencia a los trabajos e inversiones ejecutados de los PMDP anteriores.

Los PMDP del puerto de Tampico, en los últimos 20 años, han enfocado trabajos e inversiones a promover la competitividad y mejora en el servicio ofertado a los dueños de las cargas marítimas. El PMDP 2000-2005 contempló como visión “Ser una opción de negocios confiable y competitiva a nivel internacional, para empresas especializadas en comercio y transporte.” Y como misión:

Promover las oportunidades de negocio y las ventajas competitivas para satisfacer las demandas y necesidades de los usuarios, conservando su confianza y mejorando continuamente la calidad en la prestación de los servicios, así como la capacitación y motivación del personal portuario, con un esfuerzo permanente para incrementar la vocación exportadora para contribuir al desarrollo socioeconómico de la región y conservar el entorno ecológico de manera armónica con el bienestar de la comunidad. Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V (2000) Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2000-2005).

El PMDP 2006-2012, en seguimiento al anterior, contempló como misión:

Administrar, conservar, construir y modernizar la infraestructura portuaria para el manejo de carga general para garantizar y satisfacer la demanda de los clientes mediante servicios eficientes, seguros y competitivos; así como el aprovechamiento rentable de las áreas de dominio público federal y la promoción de instalación de empresas de valor agregado, contribuyendo a la preservación del medio ambiente y al bienestar de la comunidad.

Y como visión u objetivo máximo “Ser una empresa portuaria líder en carga general basada en un dinámico desarrollo sustentable y en estrecha vinculación regional”. Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V (2006) Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2006-2011).

El PMDP 2012-2017 contempló como misión “Administrar, explotar y modernizar la infraestructura portuaria para satisfacer las necesidades de la demanda de las líneas de negocio del puerto, mediante servicios eficientes, seguros y competitivos; así como gestionar la reconversión de los terrenos del recinto portuario para promover la instalación de nuevos negocios y de empresas de valor agregado. “ Y como visión “Ser un puerto proactivo a través de la generación de negocios y empleo en forma autosuficiente con imagen óptima ante la comunidad.” Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V (2012) Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2012-2017).

Se aprecia que en el lapso 2000-2017 las visiones misiones plasmadas en los PMDP del puerto de Tampico, estuvieron enfocadas a satisfacer las demandas portuarias principalmente en el rubro de atención a la carga comercial de importación, exportación y nacional. Al día de hoy el puerto de Tampico ofrece 11 posiciones de atraque públicas capaces de recibir buques que requieran hasta 9.75 m de profundidad del río.

El cumplimiento de las metas en los PMDP 1994-2016 permitió al puerto de Tampico transitar de un solo operador portuario, Gremio Unido de Alijadores, a una oferta de distintas empresas maniobristas de carga y descarga capaces de brindar al cliente productividades competitivas. Los manejos adecuados de las mercancías de comercio exterior permitieron en el 2016 lograr un crecimiento en tonelaje de carga pública del 33% sobre lo operado en el 2015. El incremento en el tonelaje de carga operada impacta favorablemente el movimiento económico y en consecuencia la generación de empleos de prestadores de servicios portuarios, navieros, agencias navieras, agencias aduanales y agencias consignatarias.

Los recursos provenientes de las actividades portuarias han permitido al puerto de Tampico enfrentar los costos del dragado del río Pánuco en la zona

contigua a los municipios de Tampico y Madero, en el estado de Tamaulipas; y Pueblo Viejo y Pánuco en el estado de Veracruz. Dichos dragados han permitido, además del arribo de buques, que en el periodo 1994-2017 administrado por la API Tampico, no se hayan registrado inundaciones relevantes en la zona centro de Tampico.

PMDP 2016-2021

El PMDP 2016-2021 del puerto de Tampico contempla diversas modificaciones sustanciales. Para efectos del presente estudio se hace referencia al capítulo 3 de dicho documento en el apartado: Zonas portuarias proyectadas para el desarrollo 3/5 Instalación Turístico Comercial. <http://www.puertodetampico.com.mx/Sitio/documents/PMD.pdf> pag.57 Dicha instalación turístico comercial proyectada se extenderá en una superficie de 13.5 hectáreas de tierra, ubicada donde actualmente se encuentran en operación productiva los muelles 4 al 9 a 14 kilómetros de la bocana del río Pánuco, en la zona centro de Tampico, Tam.

Desde una perspectiva turística, la zona ofrece el atractivo Edificio Histórico de la Ex Aduana Marítima de la época de porfiriana asentado en 4500 m², por lo que destinar 13.5 hectáreas de muelles operantes al turismo se aprecia excesivo. Desde la perspectiva económica cancelar el arribo de buques de comercio exterior a los 6 mejores muelles con que cuenta el puerto de Tampico para la carga y destinarlos al turismo y marina deportiva requeriría de estudios y análisis profundos de reconversión que el PMDP 2016-2021 no contempla.

Sin embargo, el presente estudio no pretende analizar los dos aspectos anteriores sino el efecto de la falta de dragado en los paramentos de los muelles 4 al 9 que el PMDP 2016-2021 destinará al turismo y en el canal de navegación frente a dichos muelles.

5.4 El dragado

El dragado en los puertos del Golfo de México

Desde la creación de las Administraciones Portuarias Integrales (API) en 1994, el dragado para los puertos fluviales del Sistema Portuario Nacional, Coatzacoalcos, Tuxpan y Tampico, ha representado en todos sus PMDP el rubro más importante. Sin dragado estos puertos no estarían en posibilidad de recibir buques de comercio nacional o exterior cada vez más demandantes de calados profundos. El incremento en el tamaño y calado de los buques obedece a economías de escala por lo que de nada serviría contar con modernos muelles si una limitada profundidad del río impide la llegada de los buques a los muelles del puerto.

El dragado en el puerto de Tampico

De acuerdo a los Anuarios Estadísticos de la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes así como a la consulta realizada en el Sistema de Solicitud de Información Pública, Unidad de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales de la Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V., el puerto de Tampico draga anualmente un promedio de 500 000 m³ de sedimento que se aloja en el lecho del río Pánuco, desde la escollera hasta el muelle público más alejado del Golfo de México en este río, el muelle 9, el cual se encuentra a 14 km de la desembocadura del río Pánuco.

El PMDP 2016-2021 contempla un desarrollo turístico comercial para la zona de los muelles 4 al 9. Dicho desarrollo no recibirá buques de carga, luego entonces el puerto de Tampico no tendrá necesidad de ofrecer la profundidad de 9.30 m con la que actualmente cuentan dichos muelles. Se estima suficiente, para el atraque de una lancha deportiva convencional, la profundidad que el río por sí solo, con su caudal, auto draga de aproximadamente 5 ó 6 metros de profundidad.

Una diferencia de 3 o 4 metros de sedimento alojado, a lo largo del canal de navegación y de los paramentos de los muelles 4 al 9 originará un desplazamiento del agua que hoy se aloja en el lecho del río. De acuerdo a la información brindada en la plataforma de transparencia de la Administración Portuaria Integral de Tampico (API Tampico), en los años 2015-2016 se han dragado anualmente 12 hectáreas en la zona de los muelles fiscales 1 al 11.

Se estima un área de 6 hectáreas de agua para las operaciones de los muelles 4 al 9. El área dragada corresponde al programa de dragado de los años 2015-2016 en donde se dragaron 687 000 m³ de sedimento del río Pánuco en la zona concesionada a la API Tampico. De acuerdo al Sistema de Solicitud de Información Pública de la Unidad de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales de la API Tampico los gastos de dragado realizado en el periodo 2015-2016 fueron de 67.5 millones de pesos, los cuales fueron cubiertos en su totalidad con recursos propios, provenientes del ingreso de las actividades portuarias.

De acuerdo a los estados financieros publicados por la Administración Portuaria de Tampico, <http://finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/work/models/CP/2014/tomo/VII/J3D/J3D.05.DAR.pdf>, en el año 2014, el 70% de los ingresos propios de esa administración fueron provenientes del arribo y tránsito de embarcaciones en el río Pánuco dragado a 9.75 metros de profundidad. Se presume un comportamiento en la generación de ingresos semejante para los años 2015-2017.

De acuerdo al periódico Noticias de Tamaulipas (2017) <http://www.noticiasdetamaulipas.com/nota.cgi?id=514851>, la reconversión turística del puerto de Tampico utilizará los muelles públicos 4, 5, 6, 7, 8 y 9 en la zona centro de Tampico para comercios, hotel, parque, boutiques, etc. Los espacios para la actividad portuaria en los muelles públicos 4, 5, 6, 7, 8 y 9 representan el 54% por ciento de una totalidad de 11 muelles públicos, luego entonces el ingreso proveniente por el uso de los muelles 4 al 9 contribuye sustancialmente a la generación de recursos que hacen posible dragar el río anualmente con recursos propios.

De acuerdo a los estados financieros publicados de la API Tampico, la falta del ingreso portuario proveniente de los muelles 4 al 9 el puerto de Tampico limitaría la capacidad económica para enfrentar los costos anuales de dragado. Una vez que el dragado en la zona frente a los muelles 4 al 9 se suspenda, por no ser operativamente necesario para el turismo, el sedimento alojado en el río en la zona contigua a dichos muelles, próximamente turísticos, ocasionará el más pronto desbordamiento del río Pánuco en temporada de lluvias. Dado que en la margen izquierda del río Pánuco, se encuentra una mayor densidad de mancha urbana, el impacto de los desbordamientos del río tiende a ser mayor sobre los municipios de Tampico y Madero, Tamaulipas.

Efectos de la falta de dragado en el puerto de Tampico

Precipitaciones pluviales. De acuerdo al cuaderno Estadístico Municipal Edición 1999 Tampico Estado de Tamaulipas, publicado por el INEGI, por el Gobierno del Estado de Tamaulipas y por el H. Ayuntamiento Constitucional de Tampico, entre los años 1921 a 1998 la mayor precipitación pluvial en Tampico se ha registrado en el mes de septiembre, recibiendo aportaciones pluviales promedio de 266 milímetros. En el año 1998, en el mes de septiembre, se registraron lluvias por 567.9 milímetros. El colector natural, que permite el desfogue al mar de las precipitaciones pluviales de la zona sur del estado de Tamaulipas y zona norte del estado de Veracruz, es el río Pánuco a través de su desembocadura al Golfo de México. Al 29 de septiembre 2017 no se hallaron registros en esta zona de impactos ciclónicos, solamente lluvias que pudieran considerarse normales a las que una zona tropical está expuesta.

El efecto de la marea alta en el río Pánuco

El Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Puertos y Obras Marítimas de la Facultad de Ingeniería civil de la Universidad Veracruzana cita lo siguiente:

La marea es la oscilación periódica del nivel del mar, que resulta de la atracción gravitacional de la luna y el sol, que actúa sobre la tierra en rotación. Dentro

del estudio de mareas los términos más usuales que podemos encontrar son los siguientes:

- Flujo. Marea creciente o asenté.
- Reflujo. Marea bajante o descendente.
- Pleamar. Nivel máximo alcanzado por una marea creciente.
- Bajamar. Nivel mínimo alcanzado por una marea bajante.
- Amplitud de marea. Diferencia en alturas entre pleamares y bajamares consecutivas.
- Alcance de marea. Ascenso o descenso total desde la bajamar hasta la pleamar o viceversa.
- Altura de la marea. Distancia vertical desde la superficie del agua hasta el plano de reducción de la carta o nivel que se especifique para un instante determinado.
- Altura de la marea en la escala de mareas. Lectura del nivel del mar hecho en la escala de mareas referido al cero de la misma en un momento cualquiera, referida al cero de la misma.

En el puerto de Tampico el encuentro de la corriente de agua dulce acarreada por el caudal del río Pánuco con la marea de agua salada del Golfo de México ocasiona que los sedimentos del río sean depositados en el punto de encuentro. Dicho punto de encuentro se ubica en las inmediaciones del río colindantes a la orilla de masa continental de los estados de Tamaulipas y Veracruz. (Fig. 2) En el estado de Tamaulipas el punto de encuentro se localiza sobre el río a la altura de la colonia La Barra en el municipio de Madero. El sedimento acumulado en el punto de encuentro forma un montículo natural con el nombre de alfaque. Datos históricos reconocen que Antonio López de Santa Anna proveniente de su hacienda de Manga del Clavo, Veracruz, cruzó con sus tropas por la llamada Barra, que era la parte más azolvada y menos profunda del río Pánuco en su viaje hacia Brownsville, Texas. Es en dicho punto de encuentro también donde la pleamar bloquea, de acuerdo a la acción de la luna sobre el mar, la libre salida del caudal del río Pánuco. En temporada de lluvias y de grandes avenidas fluviales con lodos y palizada, el efecto de la pleamar y el alfaque causan el desbordamiento del río Pánuco.

Zonas vulnerables a inundaciones

El Atlas de Riesgos de los municipios Tampico-Madero-Altamira publicado por el Gobierno del Estado de Tamaulipas en el año 2009 menciona que “Los municipios Tampico, Madero y Altamira se encuentran total o parcialmente dentro de las regiones hidrológicas San Fernando-Soto La Marina (RH 25) y Río Bajo Pánuco (RH 26)” Respecto a la Región Hidrológica “Bajo Río Pánuco” dentro del Estado

ocupa el 20.46% de su superficie, ya que tiene un área equivalente a los 16 024 km², se encuentra dentro de las cinco regiones hidrológicas más importantes del país. En el estado cruza un total de 18 municipios. En esta región hidrográfica se localizan áreas parciales de tres importantes cuencas, nueve subcuencas y 73 microcuencas.

Dentro del área analizada, esta región hidrológica abarca el municipio de Altamira, principalmente la parte Sur, así como la mayor parte de Tampico y Cd. Madero. Está constituida por dos cuencas: Cuenca Tamesí y Cuenca Pánuco dos subcuencas y tres microcuencas. Se caracteriza por la presencia de escurrimientos de gran volumen, sin embargo, para el área de interés los más importantes son el Pánuco y El Tamesí, los cuales al unirse forman una de las corrientes más caudalosas de la república mexicana, otros cuerpos de agua importantes que constituyen esta zona son las lagunas del Chairel, Carpintero, Champayán, Vega Escondida, además del Canal Americano. Cuenca del Río Tamesí El río Tamesí nace con el nombre de Guayalejo en el municipio de Palmillas, sin embargo, a la altura de Villa Manuel, en el municipio de González, aproximadamente los últimos 150 km antes de unir sus aguas a las del Río Pánuco, cambia su nombre por Tamesí, alimentando las lagunas del Chairel, Champayán y Altamira. Este río sirve de límite entre los estados de Tamaulipas y Veracruz, a la vez que limita con los municipios de Altamira y Tampico.

5.5 Estudio del nivel de riesgo de inundación

Objetivo

Determinar el nivel de riesgo de inundación ocasionado por el desbordamiento de río Pánuco. El área de estudio fue la abarcada en la margen izquierda del río Pánuco del cadenamamiento 0 + 000 al cadenamamiento 15+000 en las inmediaciones de los municipios de Madero y Tampico, Tamaulipas, considerando un escenario de profundidad del río de 7.40 metros. 5.3 Metodología. Se realizó un estudio descriptivo con un enfoque cuantitativo, para identificar el nivel de riesgo de inundación ocasionado por el desbordamiento en la margen izquierda del río Pánuco del cadenamamiento 0+000 al cadenamamiento 15+000, mediante el análisis de las llanuras de inundación del sistema de alerta temprana contra eventos meteorológicos extremos en el escenario de avenida de aguas de 2 metros y en el escenario de avenida de agua de 5 metros, segunda fase de la publicación de escenarios de riesgo en la zona sureste de Tamaulipas

Análisis de fundamentos

Para analizar el nivel de riesgo de inundación se consideraron los atributos ambientales cartográficos, clima, precipitación, pendientes y morfoedafológicos,

basados en la Escala de Fragilidad del Manual de Ordenamiento 19952001, Gobierno del Estado de Tamaulipas. Así mismo se consideraron los datos históricos de zonas y áreas de dragado en el río Pánuco, registrados en las Solicitudes No. 0918100005317, 0918100008717, 091810009317 del Sistema de Solicitud de Información Pública, Unidad de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales de la Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V, mayo 2017, así como el Análisis de las llanuras de inundación del sistema de alerta temprana contra eventos meteorológicos extremos en el escenario de avenida de aguas de 2 metros y en el escenario de avenida de agua de 5 metros, segunda fase de la publicación de escenarios de riesgo en la zona sureste de Tamaulipas, Gobierno del Estado de Tamaulipas et al. (2013). Se consideró el calado oficial del río Pánuco de 9.75 m hasta el kilómetro 14, cadenamamiento 14+000, publicado en el Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2016-2021 de Tampico. Asimismo se consideró la presencia de terminales de almacenamiento y distribución de PEMEX, las actividades turísticas y el transporte marítimo (puertos) las cuales ejercen presión sobre 462 km² los humedales comprendidos en la zona objeto de afectación en eventos extremos en Tamaulipas. Jiménez S. et al., (2013).

Resultados

Se identificó al mes de enero 2017 un calado de 9.30 m producto de los trabajos de dragado 2016-2017. Se identificaron zonas de dragado anuales promedio de 110 hectáreas de un total de 150 hectáreas ubicadas en el canal de navegación del cadenamamiento 0+000 al 15+000. Se identificó un dragado anual promedio de 538 000 m³ de sedimento en los años 2007-2017. Pese a las avenidas del río en temporada de lluvias, durante los años 2007-2017 no se localizaron registros de inundaciones significativas en la margen izquierda del río Pánuco. Se identificaron zonas no dragadas con calados naturales de 8.20 m con marea alta. Se identificó una pérdida de calado de 1.7 pies (51.81cm) por año en las zonas dragadas. En las Llanuras de inundación del Sistema de altera temprana contra eventos meteorológicos se identificaron, en la zona de estudio, 238 hectáreas de riesgo de inundación de hasta un metro y 74 hectáreas de riesgo de inundación de 1 a 5 metros ante una avenida de 2 metros del río Pánuco.

Asimismo se identificaron, en la zona de estudio, 312 hectáreas de riesgo de inundación de 1 a 5 metros ante una avenida de 5 metros de agua del río Pánuco. Considerando las pérdidas históricas de 51.81cm anuales de calado en el río, se estima, de no llevar a cabo el dragado anual, que el río en 3 años tendrá una profundidad de 7.40 metros en marea baja. Esto propiciaría un alto nivel de

riesgo de inundación de acuerdo a las llanuras de inundación con avenidas de agua de 2 metros. Lo anterior de registrarse precipitaciones pluviales normales de la zona, sin necesidad de avenidas de agua de 2 metros. Cabe mencionar que una vez establecida la profundidad del río en 7.40 m el escenario de la llanura actual de inundación ante avenidas de agua de 5 metros sería el mismo pero ante avenidas de agua de 3 metros.

5.6 Conclusiones

Existen 40 colonias en Tampico y 52 colonias en Ciudad Madero, Tamaulipas vulnerables a las inundaciones. El Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2016-2021 del puerto de Tampico, considera la utilización de los actuales muelles de carga pública 4 al 9 para destinos turísticos y comerciales. Dichos destinos no requerirán de las profundidades que actualmente ofrecen los mencionados muelles. El canal de navegación frente a dichos muelles no será necesario para los usos turísticos, en consecuencia la profundidad del río Pánuco disminuirá en un área aproximada de 150 hectáreas a un estimado promedio de 7.40 metros de profundidad. La falta de profundidad en esta zona ubicada en el centro de Tampico ocasionará, en temporada de lluvias, el desbordamiento del río Pánuco y el incremento del nivel de agua del río Pánuco en un volumen equivalente a los metros cúbicos de sedimento no dragados.

Se sugiere reconsiderar los usos y destinos de los actuales muelles públicos hacia actividades portuarias que requieran profundidades de al menos 10 metros de profundidad del río Pánuco, desde la colonia Morelos en Tampico hasta la desembocadura en Ciudad Madero, Tamaulipas, para evitar caer en un alto riesgo de inundaciones en las zonas colindantes al cauce del río.

Lista de referencias

- Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V. (2016). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2016-2021)
- Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V. (2012). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2012-2017)
- Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V. (2006). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2006-2011)
- Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V. (2000). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (2000-2005)
- Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V. (1994). Programa Maestro de Desarrollo Portuario (1994-1999)
- Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V. Puerto de Tampico. *Year books 2005-2015*
- Anuario estadístico de movimiento portuario 2012- 2015. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, SCT.
- Estadística mensual Enero- Diciembre, 2012-2015, 2016 Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, SCT.
- Diario Oficial de la Federación del 29 de septiembre de 1994, Concesión de la Administración Portuaria de Tampico, S.A. de C.V.
- Periódico La Verdad (2017), consultado el 3 de octubre 2017 en <http://www.laverdad.com.mx/nota/280519/mantienen-alerta-en-la-zona-sur/>
- puerto de Tampico (2005) – (2017) *Programa Maestro de Desarrollo Portuario*, consultado del 11 de enero 2005 al 28 de septiembre 2017 en <http://www.puertodetampico.com.mx>
- Periódico Noticias de Tamaulipas (2017) consultado en 25 de agosto 2017 en <http://www.noticiasdetamaulipas.com/nota.cgi?id=514851>
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2014). *Estado de Resultados de la Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V.*, consultado del 25 de agosto del 2017 en <http://finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/work/models/CP/2014/tomo/VII/J3D/J3D.05.DAR.pdf>
- Solicitud No. 0918100005317, 0918100008717, 091810009317 del Sistema de Solicitud de Información Pública, Unidad de Transparencia del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales de la Administración Portuaria Integral de Tampico, S.A. de C.V.
- Pardo G., A. y Díaz R., J. L. (2004). *Aplicaciones de los convertidores de frecuencia, Estrategias PWM*, Editorial Java E. U., Colombia.
- Muñoz, E.(1936). *Santa Anna. El Dictador Resplandeciente*, Editorial Espa Ebook, Editor digital: IbnKhaldun ePub base r1.1 <http://assets.espdf.com/b/Rafael%20>

F.%20Munoz/Santa%20Anna.%20El%20dictador%20resplandeci%20(3744)/
Santa%20Anna.%20El%20dictador%20resplan%20%20Rafael%20F.%20Munoz.
pdf

Gobierno del Estado de Tamaulipas. (2009). *Atlas de Riesgos de los Municipios Tampico-Madero-Altamira*.

Gobierno del Estado de Tamaulipas et al., (2013). *Análisis de las llanuras de inundación del sistema de alerta temprana contra eventos meteorológicos extremos, segunda fase de la publicación de escenarios de riesgo en la zona sureste de Tamaulipas*.

Jiménez S. et al (2013) Metodología para la caracterización de eventos extremos: Caso Tamaulipas

Capítulo 6

Aplicación de árboles de decisión para determinar la entrada de camiones en terminales de contenedores

Juan Enrique Bermea Barrios¹

María D. Gracia²

Julio Mar Ortiz³

Dionicio Morales Ramírez⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: jmar@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Una de las operaciones más recurrentes en las terminales de contenedores en el mundo es la entrada de camiones para el despacho de carga contenerizada que puede almacenarse o exportarse. En este trabajo se analizan los factores determinantes para que un camión pueda ingresar a la terminal mediante la aplicación de Árboles de Decisión con el método ID3, basados en la entropía de Shannon.

Palabras clave: Terminales de contenedores • Árboles de decisión • ID3

6.1 Introducción

El Sistema Portuario Mexicano se conforma de tres organismos en la actualidad: el gobierno federal, las administraciones portuarias integrales y el sector privado. Esta estructura se divide en puertos de altura y puertos de cabotaje, teniendo 114 puertos y terminales habilitadas: 56 en el Océano Pacífico y 58 en el Golfo de México y Mar

¹ Estudiante del doctorado en Ciencias de la Computación, maestro en Calidad e ingeniero industrial. Colaborador del CA en Productividad y Optimización.

² Doctora en Ciencias de la Ingeniería. Integrante del CA en Productividad y Optimización-ingeniería de Operaciones.

³ Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Líder del CA en Productividad y Optimización.

⁴ Doctor en Ciencias Sociales. Integrante del CA en Productividad y Optimización.

Caribe (SCT, 2008) [1]. El Puerto Industrial de Altamira se encuentra ubicado en el sur del Estado de Tamaulipas, México y cuenta con diversas posiciones de atraque a las cuales arriban diferentes mercancías procedentes de diversas partes del mundo. Estas cargas pueden ser contenerizadas, a granel, líquidos y combustibles.

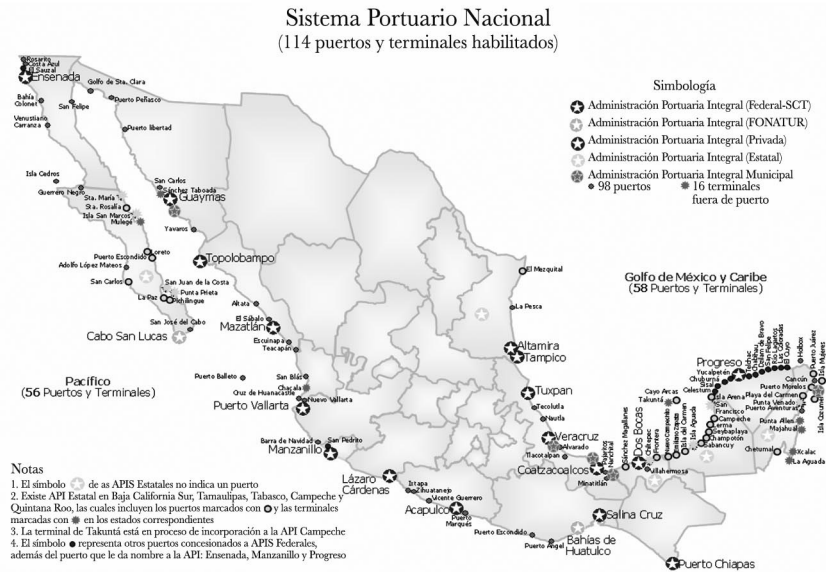
Argüeta et al., (2014) hacen mención que según el Supply Chain Council, la administración de la cadena de suministro (SCM) se refiere a todos aquellos esfuerzos involucrados en la producción y entrega de productos y servicios finales, desde el proveedor hasta el cliente del cliente. La administración de la cadena de suministro implica alinear el abasto con la demanda, el suministro de materias primas y partes, la planeación y ejecución de actividades de manufactura y ensamble, el almacenaje y rastreo de inventarios, la recepción y administración de órdenes, así como la distribución de productos a través de todos los canales hasta su entrega al consumidor final.

Torres y Rendón (2013) afirman que, de acuerdo a las tendencias globales se prevé que para el año 2050 el comercio global valdrá, por lo menos, el 50 por ciento del Producto Global Bruto. Sin embargo este cambio significativo de las relaciones comerciales, el comercio global no es uniforme, ni se percibe de la misma manera en todos los países, debido a que depende de factores de crecimiento y competitividad. La red de infraestructura de transporte bien desarrollada es un prerrequisito para el acceso a las actividades económicas y servicios a nivel mundial. Modos efectivos de transporte, incluyendo calidad de los caminos, vías férreas, puertos y transporte aéreo permiten a los emprendedores hacer llegar sus productos y servicios a los mercados en forma segura y a tiempo.

La infraestructura portuaria ha sido el resultado de la inversión por parte de los sectores público y privado. Los cambios tecnológicos incorporados a las unidades navieras y equipos portuarios, así como el crecimiento del comercio mundial, han permitido a los puertos incorporar nuevas actividades tales como: centros de distribución, desempaque, empaque, etc. generando el concepto de Puerto logístico (Ortega y Chávez, 2015). En el caso específico de las terminales de contenedores, el mercado de los servicios de maniobras a contenedores comprende la carga, descarga, alijo, almacenaje, estiba y acarreo que se realiza en cada puerto. Estos servicios son maniobras que se efectúan para trasladar un contenedor entre la embarcación y otro modo de transporte terrestre. Las maniobras ofrecidas a los contenedores en los puertos mexicanos se realizan a través de equipos móviles y fijos con distintos niveles de productividad.

Para García (2016) las terminales de contenedores son intercambiadores intermodales con capacidades de manipulación y almacenamiento vinculadas entre sí, sobre la base de los tráficó de TEU que se pueden gestionar. En estos espacios se

realizan operaciones de carga y descarga de los contenedores, su almacenamiento temporal para su posterior intercambio entre modos de transporte, para por último realizar su traslado al punto de destino. La Figura 6.1 muestra la ubicación de los puertos mexicanos dentro del sistema portuario nacional.



En una terminal de contenedores se llevan a cabo tres tipos de actividades: exportación, importación y almacenaje. Cualquiera de estas tres actividades requiere de una planeación de recursos e infraestructura en las áreas de trabajo así como la coordinación de personal y equipo para el manejo de las mercancías. La entrada (puerta) cuenta con un protocolo de revisión el cual determina si un contenedor puede o no ingresar a las instalaciones. Si un contenedor de carga entra en mal estado o sin cumplir con los requisitos pone en riesgo el manejo interno y la satisfacción del cliente. Es por ello que se analizan los criterios de decisión para autorizar el permiso de entrada a los transportistas a la terminal de contenedores. En este trabajo se analizan primero las operaciones básicas dentro del procedimiento de recepción en Puerta mediante un árbol de decisión de tres niveles, para más adelante definir qué criterios son los que predominan en la decisión de permitir o no que un transportista pueda tener el acceso a la terminal.

Los criterios que se toman en cuenta para el ingreso de un camión con contenedores de exportación son: 1) Tipo de Contenedor; 2) Condiciones del contenedor; 3) Sello; 4) Condiciones del camión; 5) Maniobra de ingreso; 6)

Categoría. El Tipo de contenedor se refiere a si es un Twenty Empty Unit (TEU) lo cual es una medida estándar o un Reefer, el cual es un contenedor refrigerado. Para este trabajo se tomarán en cuenta como estándar estas 2 categorías. En el criterio de Condiciones del contenedor puede tener 2 resultados, que esté dañado o en buenas condiciones, ya que un contenedor dañado no puede garantizar la integridad de la carga y es un criterio importante para la decisión de entrada. El Sello se refiere a un candado físico que debe portar cada caja que proviene de una compañía y de un agente aduanal certificado por la terminal, los posibles resultados son: completo o roto. Otro rubro importante es el que considera las Condiciones del camión en el cual se transporta el contenedor de carga para exportación, esto debido a que deben contar con sus equipos de seguridad (luces, frenos, alarmas) en óptimas condiciones para entrar a la terminal. Para la decisión se toman en cuenta dos posibles resultados: aprobado o detalles. La Maniobra de Ingreso comprende varios requisitos que el camión debe contar consigo por ejemplo: Datos de nombre del transportista, dirección, Registro Federal de Causantes, Número de contenedor, Tipo de contenedor, Peso, Línea Naviera, Número de sello, Puerto de destino, Seguro de la unidad. Esta información está concentrada en el documento llamado “maniobra de ingreso” y lo porta el transportista al llegar a la terminal. Finalmente en esta clasificación de los criterios se encuentra la categoría del contenedor, esta categoría puede ser de tres tipos: Importación, Exportación o Almacenaje.

Una vez definidos los criterios se procede a aplicar la metodología de árboles de decisión para definir cuáles son los criterios primordiales que se deben tomar en cuenta para facilitar el ingreso de los camiones a la terminal de contenedores.

6.2 Árboles de decisión ID3

Un árbol de decisión es un conjunto de condiciones organizadas en una estructura jerárquica de tal manera que permite determinar la decisión final que se debe tomar siguiendo las condiciones que se cumplen desde la raíz del árbol hasta alguna de sus hojas. Una de las grandes ventajas de los árboles de decisión es que, en su forma más general, las opciones posibles a partir de una determinada condición son excluyentes. Esto permite analizar una situación y siguiendo el árbol de decisión apropiadamente, llegar a una sola acción o decisión a tomar.

En la Figura 2 se expresan las etapas más básicas y muy generales de los pasos que se siguen para que un camión pueda entrar a la terminal. En primer lugar el camión debe estar en la puerta listo para ser revisado por las personas encargadas en ese punto, para ello debe llegar en la hora acordada en su sistema de citas para darle el servicio. En caso que haya llegado en tiempo se hace la revisión preliminar de sus documentos; si no llegó a tiempo, debe esperar a que se le reasigne

un lugar para poder ser atendido, éste paso no le garantiza que pueda entrar, ya que se debe desocupar un lugar para que pueda ser atendido, lo cual no es seguro. Si su documentación está correcta, se le asigna un carril de atención para que pueda ingresar y llevar su carga a su destino.

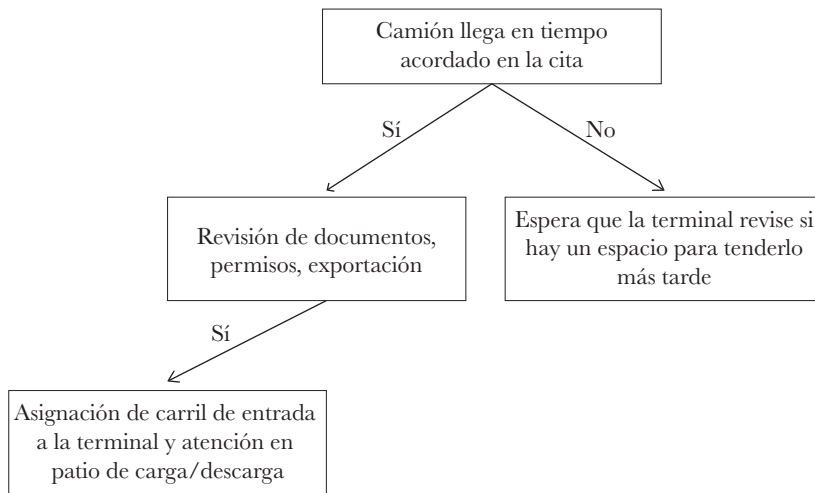


Figura 6.2 Árbol de decisión de tres niveles para determinar la entrada de un camión a la terminal

Uno de los algoritmos de inducción de árboles de decisión más comunes es el denominado ID3, introducido por Quinlan (1986). El criterio para seleccionar la variable más informativa está basado en el concepto de cantidad de información mutua entre dicha variable y la variable clase. La terminología usada para denominar a la cantidad de información mutua es la de “ganancia en información” (information gain).

Esto es debido a que $I(X_i, C) = H(C) - H(C|X_i)$ que viene a representar dicha cantidad de información mutua entre X_i y C es la reducción de incertidumbre en C , debido al conocimiento del valor de la variable X_i .

Índice de Shannon

Para calcular el índice de Shannon, generalmente se toman logaritmos naturales ($\ln(p_i)$), cuya base es el número $e=2.71828\dots$), pero también son válidas otras bases, como 2 o 10 (Jost, L., & González-Oreja, 2012). En función de la base de los logaritmos utilizada, el índice de Shannon se expresa en unas unidades o en otras, por ejemplo: cuando la base es el número e , se usan nats; cuando la base es 2, se usan bits; y si la base es 10, decits. Suponga que un evento (variable aleatoria) tiene un

grado de indeterminación igual a “k” (existen k estados posibles) y suponga todos los estados probables. Entonces la probabilidad que se de una de esas combinaciones será $p = 1/k$. Luego se puede representar la expresión C_i como:

$$c_i = \log_2(k) \left[\frac{1}{\left(\frac{1}{k}\right)} \right] = \log_2(1/p) = \log_2(1) - \log_2(p) = -\log_2(p)$$

Si ahora cada uno de los k estados tiene una probabilidad p_i , entonces la entropía vendrá dada por la suma ponderada de la cantidad de información:

$$H = -p_1 \log_2(p_1) - p_2 \log_2(p_2) - \dots - p_k \log_2(p_k) = \sum_{i=1}^k p_i \log_2(p_i)$$

Por lo tanto, la entropía de X, denotado por $H(X)$, es el valor medio ponderado de la cantidad de información de los diversos estados de:

$$H(X) = - \sum_i p(x_i) \log_2 p(x_i)$$

que representa una medida de la incertidumbre media acerca de una variable aleatoria y por tanto de la cantidad de información.

A manera de ejemplo se desglosa la aplicación de la fórmula en el primer criterio que se denomina tipo de contenedor (ver Figura 6.3):

Tipo de Contenedor

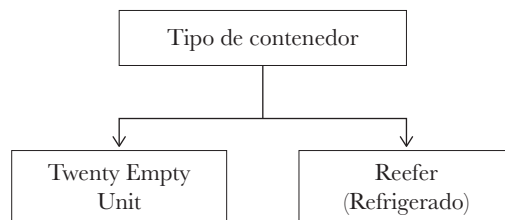


Figura 6.3 Árbol de decisión tipo de contenedor

$$Ganancia TEU = -\frac{5}{7} * \log_2 \left(\frac{5}{7}\right) - \frac{2}{7} \log_2 \frac{2}{7}$$

$$Ganancia TEU = 0.863120563$$

$$Ganancia REEFER = -\frac{3}{3} * \log_2 \left(\frac{3}{3}\right) - \frac{0}{3} \log_2 \frac{0}{3}$$

$$Ganancia REEFER = 0$$

$$Ganancia Tipo de contenedor = -\frac{7}{10} * \log_2 \left(\frac{7}{10}\right) - \frac{3}{10} \log_2 \frac{3}{10}$$

$$Ganancia Tipo de contenedor = 0.604184398$$

Ganancia total

$$Ganancia Total = -\frac{8}{10} * \log_2 \left(\frac{8}{10}\right) - \frac{2}{10} \log_2 \frac{2}{10}$$

$$Ganancia Total = 0.721928095$$

Entropía del criterio = Ganancia Total – Ganancia del criterio

$$Entropía del criterio = 0.1177437$$

Esta misma operación se aplicó a los otros Criterios que se mencionan en la Tabla 6.1, logrando los resultados descritos en la Tabla 6.2. La muestra se tomó de 10 camiones que ingresaron a la terminal de contenedores como un promedio de atención en una hora de operaciones en condiciones normales.

Tabla 6.1 Análisis de los datos recabados

ID	Tipo de contenedor	Condiciones del contenedor	Sellos del contenedor (inspección visual)	Condiciones del camión (inspección visual)	Maniobra de ingreso (información detallada)	Categoría	¿Entra a la terminal?
1	TEU	Dañado	Completo	Aprobado	OK	Exportación	No
2	TEU	Ok	Completo	Aprobado	Ok	Importación	Si

ID	Tipo de contenedor	Condiciones del contenedor	Sellos del contenedor (inspección visual)	Condiciones del camión (inspección visual)	Maniobra de ingreso (información detallada)	Categoría	¿Entra a la terminal?
3	TEU	Ok	Completo	Aprobado	Ok	Exportación	Si
4	Reefer	Ok	Completo	Aprobado	Ok	Exportación	Si
5	TEU	Ok	Completo	Aprobado	Ok	Exportación	Si
6	Reefer	Ok	Completo	Detalles	Ok	Exportación	Si
7	TEU	Dañado	Completo	Aprobado	Ok	Exportación	Si
8	TEU	Ok	Roto	Aprobado	Ok	Importación	No
9	TEU	Ok	Completo	Aprobado	No	Storage	Si
10	Reefer	Ok	Completo	Aprobado	Ok	Exportación	Si

Tabla 6.2 Resultados de los criterios mediante la entropía de Shannon

Criterio	Ganancia	Entropía del Criterio
Tipo contenedor	0.60418439	0.11774369
Condiciones del contenedor	0.63485155	0.0870765
Sello	0.4529325	0.2689955
Condiciones Generales	0.6877840	0.0341444
Maniobra de ingreso	0.6877840	0.0341444
Categoría	0.5900134	0.13191464

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación de la Entropía se tiene como primera rama del árbol la revisión de los “Sellos” con una Entropía de 0.2698 siendo este resultado el mayor obtenido; después sigue a la siguiente rama que es la “categoría del contenedor” con una Entropía de 0.132 y en específico la rama de “Importaciones” con un valor de 1.0 en su ganancia particular; seguido por “Tipo de contenedor” con una Entropía de 0.1177 con su respectiva respuesta TEU con Ganancia de 0.8631; a continuación el criterio “Condiciones del contenedor” obtuvo 0.087 y hacia la respuesta de “Dañado”; el siguiente criterio en el orden de los resultados es “Maniobra de Ingreso” la cual obtuvo un resultado de 0.0341 y finalmente las “Condiciones generales” con el mismo índice 0.0341. A continuación se expone el resultado del árbol de decisión en la Figura 6.4 donde se puede apreciar el orden en los cuales se agrupan los criterios.

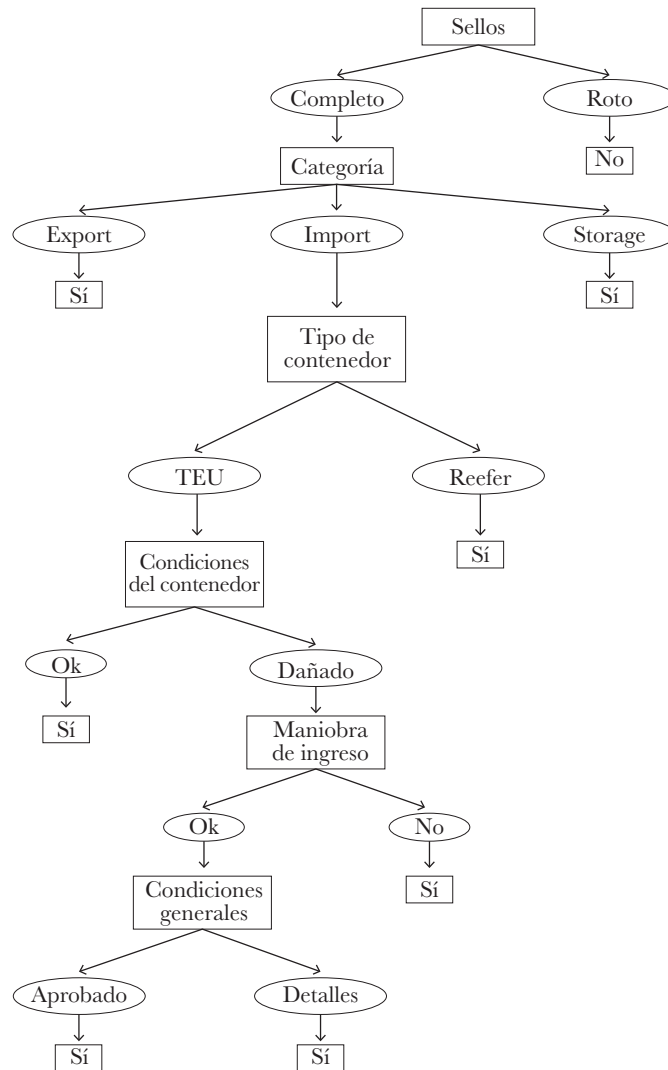


Figura 6.4 Árbol de decisión para la entrada de camiones a la terminal de contenedores

6.3 Conclusiones

Este trabajo de investigación concluye con una sugerencia para llevar a cabo el procedimiento de revisión de un transportista cuando lleva un contenedor de carga a una terminal para exportación. Sin duda es necesario llevar a cabo un análisis de una muestra más significativa para poder realizar una inferencia más certera. Sin embargo los resultados obtenidos del árbol de decisión fueron adecuados a los criterios utilizados normalmente en la “Puerta” de las terminales de contenedores.

Lista de referencias

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2008). *Programa Nacional de Desarrollo Portuario, Situación actual del Sistema Portuario Nacional*. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
- Argueta, C. M., López, M. D. P. E. A., & Iniestra, J. G. (2014). Un enfoque multicriterio para el diseño de una red para el transporte de embarques internacionales. *Contaduría y administración*, 59(4), 193-221.
- Torres, A. I. Z., & Rendón, O. H. P. (2013). El transporte internacional como factor de competitividad en el comercio exterior. *Journal of Economics Finance and Administrative Science*, 18(35), 108-118.
- Ortega, O. V. D., & Chávez, J. C. L. N. (2015). Productividad total de los factores en las terminales de contenedores en los puertos de México: una medición a través del índice Malmquist. *Contaduría y administración*, 60(3), 663-685.
- García, T. R. (2016). Aplicaciones tecnológicas en la logística de transportes portuarios. Las terminales de contenedores. *Revista Transporte y Territorio*, (14), 5-26.
- Aranda, Y. R., & Sotolongo, A. R. (2013). Integración de los algoritmos de minería de datos 1R, PRISM e ID3 a PostgreSQL. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 10(2), 389-406.
- Larranaga, P., Inza, I., & Moujahid, A. *Tema 10: árboles de clasificación*. línea] disponible en <http://www.sc.ehu.es/ccwbayes/docencia/mmcc/docs/t10arboles.pdf>.
- Jost, L., & González-Oreja, J. A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica lilloana*, 56(1-2), 3-14.

Parte III

Competitividad, marketing y estilo de vida

- Cap. 7 Las experiencias de ocio en jóvenes universitarios, una mirada desde su estilo de vida
- Cap. 8 Estrategias del marketing educativo para incrementar la matrícula en instituciones educativas de nivel superior
- Cap. 9 La responsabilidad social aplicada como estrategia de publicidad en pequeñas empresas de la zona sur de Tamaulipas

Capítulo 7

Las experiencias de ocio en jóvenes universitarios, una mirada desde su estilo de vida

Isis Yolanda Galván Aguilar¹
Evelia Concha Chávez²
Verónica Benigna Ruiz Campos³
Juan Pablo López Pérez⁴
Universidad Von Humboldt
Ciudad Madero, Tamaulipas, México

* autor de correspondencia. e-mail: isisgalvan@hotmail.com

Resumen

La forma de vida de los jóvenes universitarios de hoy está ligada a múltiples intereses basados en sus amigos, sus actividades, música, deportes, televisión, cine, fiestas, paseos, tecnología y redes sociales, que puede estar relacionada con lo aprendido en familia o la formación universitaria. Esta generación de estudio en edades de 22 a 30 años vienen del cierre del siglo pasado y los diecisiete primeros años del siglo XXI, un siglo muy cambiante que se caracteriza por el fenómeno de la globalización, neo liberalismo, una sociedad del conocimiento, el uso de las TIC en todos los contextos de vida, personal, hogar, escuela, comunidad. El pensamiento de los jóvenes tienen una mayor apertura a la vida práctica, todo circula a mayor velocidad y esto hace que tengan nuevas formas de socialización y expresión, llamada generación Millennials. El alcance de la presente investigación tiene como objetivo analizar las experiencias de ocio de jóvenes universitarios, desde la mirada de su estilo de vida. Referenciando el ocio familiar como antecedente al posicionamiento como práctica, su significado, sus procesos e interacción entre el grupo de iguales universitarios. Los resultados permitirán hacer una propuesta a la universidad para promover hábitos de vida saludable en cuanto al uso del tiempo libre, promoviendo un ocio serio, valioso y significativo. En el marco de la educación integral, formación universitaria.

Palabras clave: Experiencias de ocio • Estilo de vida • Jóvenes universitarios

^{1,2,3} Doctora en Ciencias Administrativas. Universidad Von Humboldt.

⁴ Doctor en Ciencias Administrativas. Universidad Von Humboldt.

7.1 Introducción

Es el ocio uno de los fenómenos del siglo XXI, es un valor a la alza, relacionado con la economía de una sociedad posmoderna, es una fuente generadora de riqueza por una industria del entretenimiento. Empresas de bienes y servicios de turismo, deporte, cultura, lúdica entre otros, ofrecen al mercado para el consumo del tiempo libre. En el aspecto social derivado de las preferencias y gustos personales y familiares respecto a las prácticas de ocio y de uso del tiempo libre el comportamiento se caracteriza por su dinámica y en cuanto el estilo de vida del joven, patrones de conducta que toma y que pueden ser positivos o negativos.

Los jóvenes considerados para este estudio son parte de una generación denominada Millennials que es conocida como generación global, es un grupo social dominante de acuerdo a datos estadísticos poblacional del INEGI, forman parte de los consumidores, están inmersos en los medios sociales, utilizan los dispositivos móviles, internet debido que son nativos digitales nacidos entre 1981 y 1995. Para ellos realidad y virtualidad son dos caras de la misma moneda, (Gutiérrez, 2016) los Millennials han cambiado el “quiero esto” por “disfruto esto”. Y esto influye en la percepción de la experiencia de ocio. Las vivencias hedónicas pueden llevar una direccionalidad negativa del ocio. Así mismo los jóvenes de esta generación definen sus formas de comportamiento determinadas por la permisividad características del modelo familiar, resultado un estilo de vida con mucha libertad inclusive en exceso y esto puede verse afectada por una realidad social que lo rodea. Sus necesidades humanas están resueltas por la familia, específicamente de los padres.

En el caso de los jóvenes Millennials universitarios, su estilo de vida puede ser diferente al de otros jóvenes debido a la trayectoria formativa, escenario que por el hecho educativo hay un itinerario como área de oportunidad que fortalece su personalidad para desarrollar mejores comportamientos sociales en todas las dimensiones de vida. En el tema del ocio la experiencia significativa y óptima de la práctica encontrara una satisfacción personal y de beneficios contribuyendo a la adquisición de hábitos saludables. Por lo anterior nacen las siguientes preguntas de investigación: Los jóvenes universitarios de acuerdo a su estilo de vida: ¿Qué hacen como prácticas de ocio? ¿Qué tipo de ocio eligen serio o casual? ¿Cómo influye el ocio consuntivo en su elección de práctica de ocio? ¿Distinguen sus experiencias de ocio como valiosas? ¿Qué condiciones de riesgos pueden encontrar? La presente investigación tiene como objetivo general analizar las experiencias de ocio de los jóvenes universitarios de acuerdo a su estilo de vida.

El ocio como experiencia humana, es aquel que defiende la dignidad de la persona humana, se reconoce como un ocio positivo que favorece la mejora de la persona y se sustenta en un ocio autotélico, libertad, satisfacción y gratuidad. Un

ocio que tiene un fin en sí mismo. La familia, es de suma importancia pues influye en la formación de su personalidad. El grupo familiar, es una institución parte de la estructura social donde los cambios sociales han generado nuevas formas de convivencia y tipos de hogares. Los padres de esta generación son padres jóvenes que rompen paradigmas y que el modelo de familia funcional lo vivencian con un estilo paterno permisivo en línea hasta indulgente más que democrático esto aunado que pueden ser familias de un solo padre: madres jefas de familias o padres solteros ya sea por decisión, separación o viudez. En el caso de familias con modelo disfuncional fluctúa entre el modelo autoritario y modelos permisivos negligentes.

El papel de la familia debe estar centrada en el diálogo, en la educación con valores, en un lugar de encuentro, de orientación para la vida por consiguiente las dimensiones de vida para que los hijos es importante educar en lo biológico, cívico, social, escolar, ecológico, cultural, político, económico, psicológico, socio afectivo, religioso, en el ocio, recreación y tiempo libre; es decir, la familia es un agente promotor de estilos de vida saludable, pero esto será posible si el modelo de familia es un modelo funcional, si la familia presenta un modelo disfuncional se darán problemas de conducta desde inquietos, irritables, desobedientes agresivos o conductas destructivas, desafiantes, antisociales.

Es entonces, importante revisar los estilos de vida de los jóvenes su relación con pautas y hábitos de comportamientos cotidianos aprendidos en la convivencia familiar, dichos comportamientos ya entre el grupo de iguales generarán efectos que pueden ser positivas o negativas de riesgo alto o bajo. Y esto repercute en el ocio, en la práctica correspondiente de los jóvenes.

Tabla 7.1 Población con discapacidad auditiva
Familias Funcionales Familias Disfuncionales

Familia con estilo autoritativo recíproco	Familia con estilo autoritario represivo
Familia con estilo permisivo indulgente	Familia con estilo permisivo negligente

La Organización Mundial de Salud define el estilo de vida como una forma general de vida basada en la interacción entre las condiciones de vida y los patrones individuales de conducta, determinados por los factores socioculturales y las características personales. El estilo de vida incorpora una estructura social, definida por un conjunto de valores, normas, actitudes, hábitos y conductas, por

consiguiente es la familia, el modelo de estilo paterno y el tiempo generacional un tema significativo que influye en la determinación del estilo de vida.

En cuanto al tiempo generacional, el siglo XXI, una sociedad de cambio, posmoderna, globalizada, una sociedad del conocimiento y la digitalización de la información a nivel global. Se reconoce la era industrial y espacial. El uso de las redes sociales refleja las nuevas formas de interacción: sociabilidad y socialización. La conectividad en aparatos multifuncionales: Tablet, telefonía móvil acerca a los jóvenes en el desarrollo de las comunicaciones. Otros temas significativos en el presente siglo son la diversidad sexual, el género, el llamado proyecto de genoma humano y la sustentabilidad del ambiente, temas que las nuevas generaciones ya están integrados en su presencia. Generación adulta que se está adaptando, unos con más facilidad otros con dificultad, generaciones que conviven con los llamados Millennials, son la generación X, Boomers o inclusive la llamada silenciosa. Aunque en la generación X y Boomers puede haber compatibilidad debido a los estilos de vida, las expectativas hay puntos de diferencias.

Experiencias de ocio

Desde el marco conceptual, el diccionario de la Real Academia, define que experiencia se entiende como el fruto de la ocupación continua y sistemática que genera saberes transmisibles. Es una forma de conocimiento o habilidad derivada de la observación, de la vivencia de un evento o proveniente de las cosas que suceden en la vida. Vivencias de la vida en cualquier ámbito e manera constante en alguna época de la vida. En toda experiencia interviene el conocimiento, de lo cual podemos distinguir cuatro elementos:

- El sujeto que conoce.
- El objeto conocido.
- La operación misma de conocer.
- El resultado obtenido que es la información recabada acerca del objeto.

En las experiencias de ocio el joven universitario es el sujeto que conoce, protagonista de la práctica el objeto conocido, las habilidades que tiene y desarrolla el conocimiento de la práctica, el alcance de lo que conoce. Dichas experiencias de ocio se verán reflejadas de acuerdo al tipo de familia sea funcional o disfuncional. El ocio como experiencia satisfactoria, en lo personal e individual aporta beneficios comunitarios y sociales. Las experiencias de ocio son vivencias que cuando se repiten entran a formar parte del carácter, los jóvenes expresan sus emociones resultado de hacer aquello que les gusta y practican logrando satisfacción fuente de desarrollo humano individual y social.

Encuadre conceptual y teórico para esta investigación se limita en la postura de Robert Stebbins en la distinción que hace de ocio serio y ocio casual. Así como el sustento de ocio valioso de Manuel Cuenca. De las prácticas de ocio serio hay un camino al ocio valioso y desde la misión universitaria hay un compromiso a la educación y el desarrollo humano y en especial en los jóvenes particularmente porque es promover el valor social de la experiencia de ocio, un ocio humanista con gran significado.

Ocio serio

Por consiguiente se sustenta que el ocio serio es una práctica sistemática de una actividad amateur, de voluntariado o de un hobby, cuyos protagonistas encuentran significativa e interesante para iniciar una carrera de ocio con la intención de adquirir y expresar sus habilidades, conocimientos y su experiencia. (Elkington, 2014) Un motivo que constituye el fundamento de la búsqueda de todo ocio serio es el deseo de alcanzar la autorrealización profunda. Es decir, el acto y el proceso de desarrollo hasta la capacidad máxima de cada uno, refiriéndose al talento y la forma de ser de cada uno.

Son características del ocio serio: perseverar, una actividad, el esfuerzo personal, beneficios duraderos, ethos único, identificación profunda con la actividad elegida.

Los jóvenes en su práctica de ocio como experiencia óptima, cumbre están basados en un interés duradero, en la autoexpresión y expresión del significado del ocio en su vida, es un protagonista de un ocio creativo, una autoafirmación rompiendo con paradigmas de consumismo la mercantilización del ocio.

En la práctica de ocio serio la habilidad como capacidad de dominio, aprendizaje significativo, porque cuando se domina la actividad se requiere una mayor dificultad y complejidad para mantener el interés, un elevado nivel de atención y un flujo entendido en el sentido de ser absorbido y arrastrado por la experiencia (Kleiber, 1999) así también se presenta un compromiso al igual que los otros indicadores de vida haciendo disciplina de formación y aplicación. Siendo significativo la perseverancia y el compromiso. Sea la práctica individual o grupal. Generando en el joven una identidad social: personalidad, auto concepto, autoestima.

Toda práctica de ocio serio puede considerarse ocio valioso. El ocio, entendido como experiencia humana, deja atrás solo el pasar el rato transformándose en una vivencia llena de sentido, la vivencia es o deberá ser una posición integral, relacionada con el sentido de la vida y los valores de cada uno, coherente con todos ellos. Pero esto sucede si existe la formación. El ocio entendido como experiencia autotélica es una experiencia que tiene un fin en sí misma, una experiencia trascendente que abre horizonte de comprensión y conocimiento y por ende otorga satisfacción.

Un ocio valioso (Cabeza, 2014) es una afirmación de un ocio con valores positivos para las personas y las comunidades, un ocio basado en el reconocimiento

de la importancia de las experiencias satisfactorias y su potencial de desarrollo social, hay un interés duradero, una práctica sistemática, un compromiso de realización, está asociada a un espacio y tiempo aunque no es lo mismo hay una relación. Es importante el ocio valioso en la vida de los jóvenes, un ocio que trascienda y favorezca el desarrollo humano, un ocio con responsabilidad, con beneficios, con satisfacción.

Desde la idea de (Cabeza, 2014) un ocio valioso distingue cinco dimensiones lúdica, creativa, ecológica-ambiental, festiva y solidaria. Cada una fundamenta experiencias, conocimientos, capacidades, habilidades, destrezas y actitudes donde los jóvenes desarrollan su gusto, agrado, disfrute y su potencial de manera relevante. Un ocio valioso relacionado con el desarrollo humano, un ocio sustancial, que se caracteriza por la afirmación de un ocio con valores positivos personales y comunitarios. Un ocio de satisfacción, un ocio centrado en lo experiencial que conlleve al joven protagonista de un ocio activo, saludable, emocional, axiológico, formativo desarrollando habilidades y destrezas.

Es importante revisar el estilo de vida de los jóvenes producto de la época como del tipo de familia, si es un estilo paterno dentro del marco de familia funcional esto tendrá una mejor dinámica de vida. El ocio familiar funcional al que (Bofarrull, 2005) llama ocio familiar significativo siendo un ocio de encuentro, de reconocimiento, de diversión de oportunidad educativa de descanso y de autorrealización. Combinar un ocio de diversión y un ocio de satisfacción la familia será fortalecida en lazos y para los jóvenes es una gran oportunidad de vivir experiencias optimas, experiencias cumbres, hacia un ocio serio.

Ocio casual

Por otro lado el ocio casual (Elkington, 2014) reconfortado de forma inmediata, intrínsecamente siendo una actividad placentera de corta duración que requiere poca capacitación no especializada para disfrutarla. Se caracteriza por el juego, la relajación, entretenimiento activo y pasivo, conversación social y estimulación sensorial. Son prácticas comúnmente espontaneas, ligeras, momentáneas y hasta efímeras.

Son momentos, prácticas ocasionales. Suelen ser experiencias de fin de semana, de ocio nocturno, está asociado a pasatiempos a realizar actividades de entretenimiento, ofrece recompensas inmediatas de placer, disfrute. Son actividades que se realizan con mayor frecuencia, divertidas muy divertidas pero que no trascienden pueden generar experiencia con una direccionalidad negativa.

Los riesgos en el ocio casual se miran desde el lado oscuro del ocio explica el autor desde la idea de experiencias límites los jóvenes pueden actuar con la idea

del “no te preocupes”, “libre y fácil” frases que glorifican un estilo de vida agresivo y que son manifestadas en el tiempo libre, que marcan una línea al borde, actividades cargadas de excesos o de nada, estilos de vida aburridos, tediosos y por lo tanto rompen esa línea y pasan de libertad a libertinaje. Un ocio negativo, centrado en el placer y una forma de placer experiencial. Que salen del contexto que el ocio es un bien social, que con beneficios resuelven todas las problemáticas personales y sociales. Se ha asociado de acuerdo a los índices de criminalidad, ya que esta aumenta en los fines de semana generado por consumo de alcohol, drogas, fiestas, violencia todo esto en el tiempo de ocio.

Al igual que los autores anteriores (Leif, 1992) explica que existen condicionamientos sociales que pueden ser familiares, del colectivo grupo comunitario o los amigos. Así como personales que limitan o afecta el ocio y el tiempo libre. Considera el aburrimiento, automatismos, imitación, sugestión.

No todas las prácticas de ocio casual son light, efímeras o aburridas o pueden ser parte del ocio nocivo pero si tienen obstáculos o riesgos que lleven al joven a generar estilos de vida delictivos; además jóvenes con familias disfuncionales, da lugar a situaciones de aislamiento, conflicto, satisfacción hedónica de baja sensibilidad cultural, social etc. Es pasivo sin un interés duradero (Bofarull, 2005) centrado en la vida nocturna, la fiesta, el consumo, pasar el día, el fin de semana o las vacaciones sin ton ni son. Jóvenes con estilos de vida muy propios de su generación con celular en mano, compartiendo el lugar donde están. Una generación malcriada que quiere cambiar el mundo consumiendo un tiempo libre ordinario.

En lo que respecta al tiempo “Un tiempo socializado, un tiempo donde los jóvenes reconocen cual es el tiempo libre de su elección y lo integran en su vida común. Un tiempo que reconocido como tal es un tiempo para sí, un tiempo existencial, íntimamente vivido, un tiempo de reconocer para un uso positivo, constructivo un uso de tiempo con sentido”. “El tiempo para uno mismo consagrado por uno mismo a actividades motivadas, imaginadas, concebidas o practicadas individualmente, se experimenta pues, con placer y satisfacción.

Donde se conjugan las potencialidades de lo físico, lo afectivo, la inteligencia y el pensamiento que configuran una totalidad del ser humano, un tiempo de renovación de sí mismo. Un tiempo de las experiencias interiores.”

El ocio está asociado al tiempo libre pero no significa lo mismo. Un tiempo libre con la libertad de que los jóvenes se enfrenten a vivir su experiencia de ocio y recreación, un tiempo libre que requiere la presencia de un sujeto que en su vivencia de ocio sustancial sienta la libertad y la liberación de que lo que eligió lo hace realmente sentirse libre y liberado.

7.2 Metodología

El abordaje de esta investigación inicia con un trabajo preliminar exploratorio entrevistando a 20 jóvenes: 10 mujeres y 10 hombres, alumnos de una carrera profesional universitaria seleccionados al azar, en edades de 22 a 30 años, participación voluntaria; cuyo propósito fue acercarnos a una realidad y observar sus comportamientos en espacios abiertos, así como dialogar referente a sus experiencias de ocio, la percepción de la práctica, el significado, sus procesos aprendizaje e interacción en relación a la familia, la escuela y el grupo de iguales.

De los resultados de este grupo sumando hombres y mujeres un 80% ubican que sus prácticas de ocio son casuales. Son de fin de semana debido a las actividades y prácticas escolares. Reconocen el uso de dispositivo móvil multifuncional donde pueden chatear, checar mail, tomar fotografías, escuchar música, ver películas, ver televisión o hasta leer un libro. Solo el deporte en el grupo de hombres entrevistados menciona como práctica de ocio, pero de “cascarita”, entretenimiento y de ocasión.

El grupo formal de estudio para esta investigación fueron jóvenes universitarios, del 5° semestre de diferentes licenciaturas de la Universidad Autónoma del Carmen 100 hombres y 100 mujeres del 5°, semestre de diferentes carreras de la universidad; seleccionados por su edad en el rango de 22 a 30 años. La investigación es tipo cuantitativa, utilizando el método descriptivo y de corte transversal.

Se utilizó un cuestionario de 20 ítems. Auto administrado. Instrumento diseñado en tres partes. Formato accesible con preguntas de selección múltiple. En la primera parte se indaga sobre las experiencias de ocio, la segunda sobre los estilos de vida y los terceros datos generales.

7.3 Resultados

De la encuesta aplicada alumnos jóvenes universitarios de las carreras de educación física, enfermería, medicina, psicología, nutrición y fisioterapia de la Universidad Autónoma del Carmen, Cd. del Carmen, Campeche. 100 hombres y 100 mujeres en edades de 22 años a 30 años del último grado de carrera.

Tabla 7.2 Experiencia de ocio

Indicador	Menos de un año		De un año a tres		Más de tres	
	H	M	H	M	H	M
Tiempo de realización	25	32	48	44	27	24

Indicador	Un día a la semana		Dos o tres días de la semana		Todos los días de la semana	
	H	M	H	M	H	M
Tiempo de práctica	33	20	30	39	13	35

Tabla 7.3 Experiencia de ocio. Continuación

Indicador	Solo fines de semana				Periodos vacacionales			
	H		M		H		M	
Tiempo de práctica	15		6		9		0	
Indicador	Solo		Con amigo/a		Con un familiar		Con pareja	
	H	M	H	M	H	M	H	M
Con quién realiza la práctica	47	46	18	15	25	32	10	7

Tabla 7.4 Usuarios y consumo

El 100% de la población en cuanto a los usuarios y su estilo de vida para la práctica de ocio distingue:

Consumo

Ropa, zapatos, zapatos tenis, accesorios	Electrónica: Tablet Computador TV Smart	Telefonía Laptop	Internet App (aplicaciones móviles)
------------------------------------------	--------------------------------------------------	---------------------	----------------------------------------

Adquisición

Compras por Internet: Mercado libre Tiendas departamentales online	Forma de pago: Tarjeta de débito o crédito PayPal Contra entrega
--------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

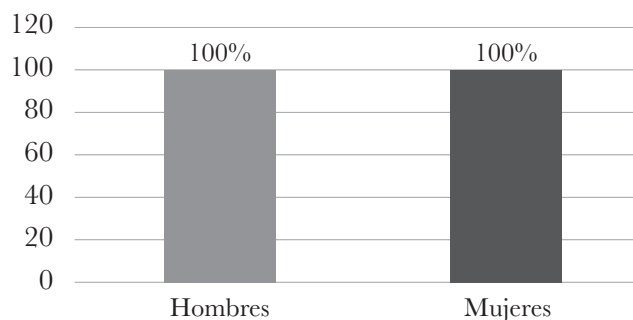
Redes sociales

Facebook Instagram Snapchat	
-----------------------------------	--

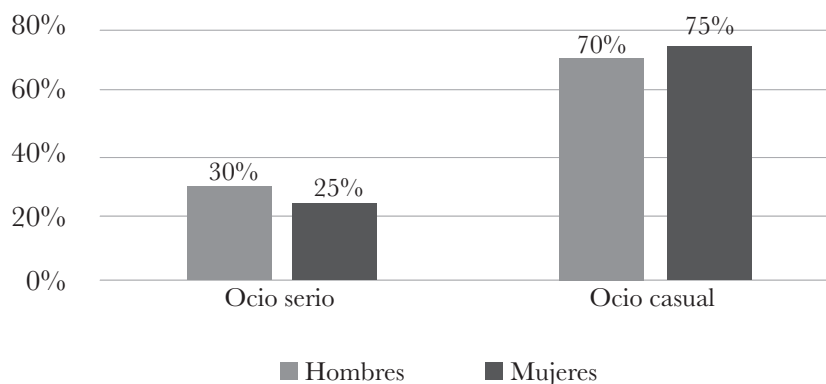
Tabla 7.5 ¿Quién le animó a realizar la práctica?

Indicador	La familia		El centro escolar		Amistades	
	H	M	H	M	H	M
	43	45	41	40	16	15

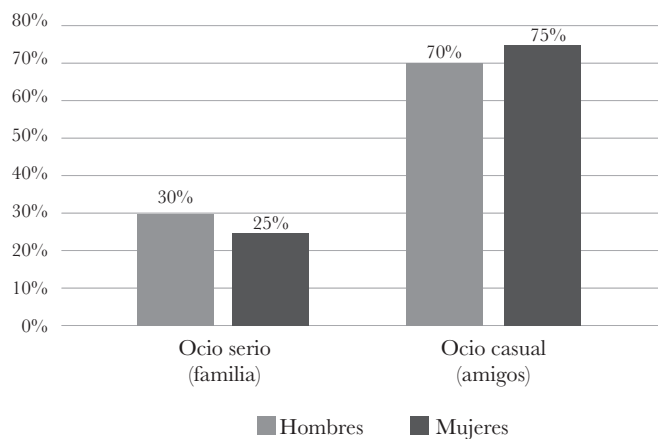
Gráfica 7.1 Población. De las carreras de Educación física, enfermería, medicina, nutrición, psicología, fisioterapia



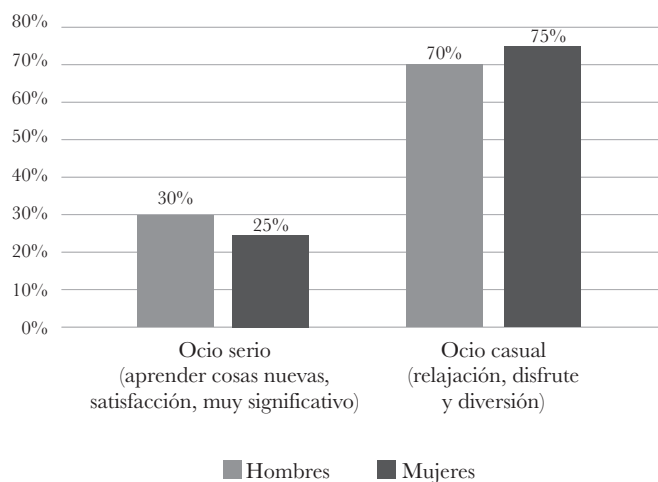
Gráfica 7.2 Prácticas de ocio. De la población encuestada sólo un 30 % en los hombres y un 25 % de mujeres realizan prácticas de ocio serio. Los jóvenes asocian las prácticas de telefonía móvil o computadora como actividad primordial de vida pero no la relacionan con ocio serio.



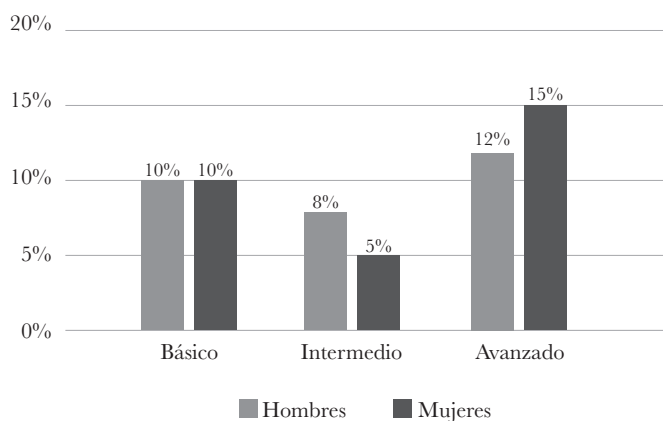
Gráfica 7.3 Interés en la práctica. Las prácticas de ocio se centran en el ocio casual. Los hombres realizan actividades deportivas y espectáculos deportivos, fiestas y cine. Las mujeres actividades relacionados con ver televisión; películas, novelas y programas musicales, cine y fiestas.



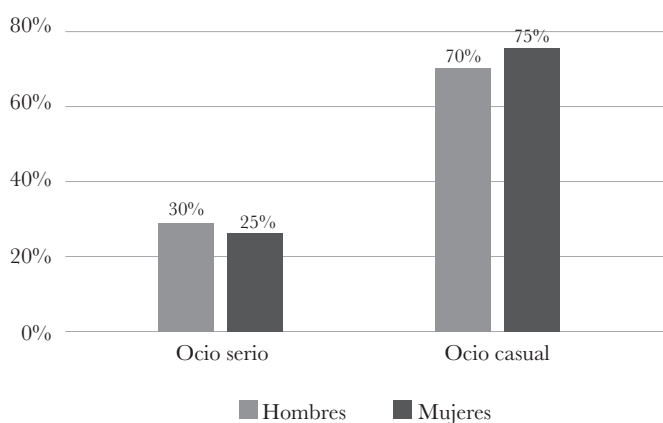
Gráfica 7.4 Aportes del ocio a nivel personal



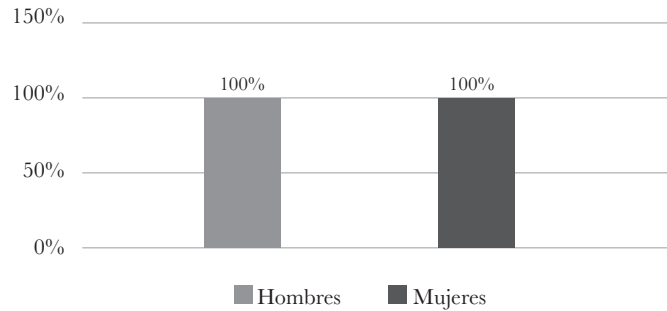
Gráfica 7.5 Nivel de conocimiento de ocio serio. Los jóvenes tienen oportunidad de incrementar sus conocimientos en la práctica que realizan considerando el interés y compromiso por su práctica.



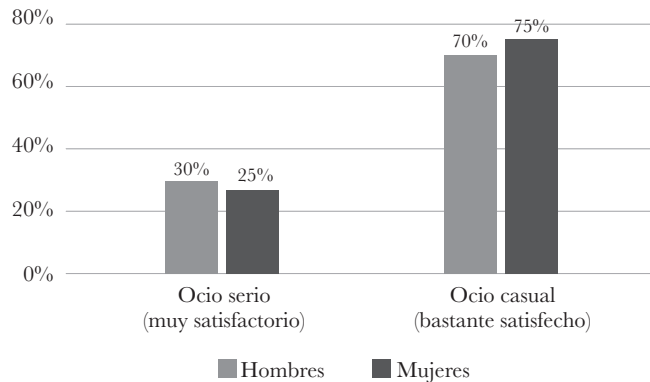
Gráfica 7.6 Ocio serio y casual. Prácticas de ocio serio en hombres: fútbol, basquetbol, guitarra y en mujeres: danza zumba y teatro. Prácticas de ocio casual en hombres: fiesta, espectáculos deportivos, cine y en mujeres: fiesta, ver televisión y cine.



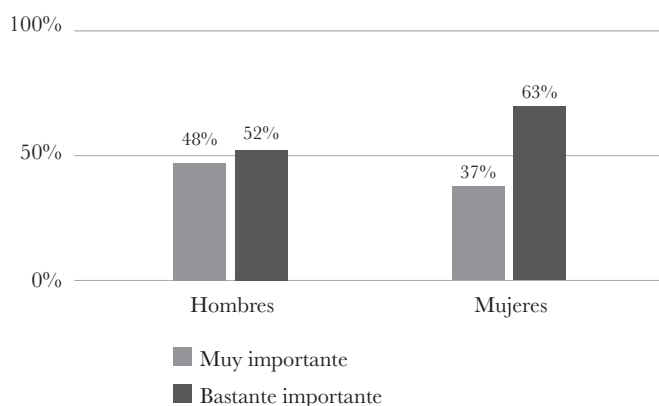
Gráfica 7.7 Estilo de vida. Uso de tecnología, redes sociales, telefonía móvil (chat, fotografía, internet, escuchar música, ver televisión), consumo de marcas. Así como la atención personalizada y se es crítico y exigente.



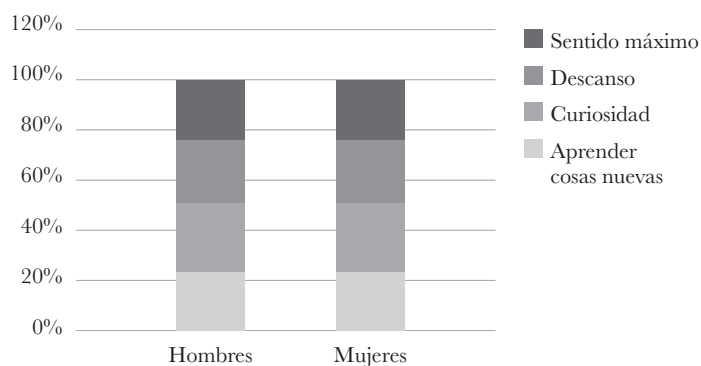
Gráfica 7.8 Satisfacción de experiencia de ocio. La satisfacción de las necesidades humanas implica considerar el ocio y el tiempo libre para los jóvenes es muy satisfactorio en cuanto a la experiencia de ocio casual y serio. Consideran aprender cosas nuevas, son jóvenes inquietos con deseos de curiosear por naturaleza y siempre es importante caminar hacia un ocio positivo y valioso.



Gráfica 7.9 Significado del ocio en su vida. Los rasgos que sobresalieron de cuatro puntos nada, poca, muy y bastante importante. Son muy y bastante importante tanto en hombres como mujeres. Y señalan que es valioso para ellos, que la práctica de ocio genera valores positivos personales y sociales.



Gráfica 7.10 Características de la práctica de ocio. Tanto en hombres como mujeres las características que identifican son que les gusta aprender nuevas cosas, despierta la curiosidad, descanso de la carga escolar y sobre todo da un sentido máximo donde la alegría, el disfrute y el gozo se manifiestan.



Análisis e Interpretación de los resultados

De acuerdo al alcance del objetivo y las preguntas de estudio, las experiencias de ocio en los jóvenes universitarios, no fue la intención definir el estilo de vida generación millenials esto fue circunstancial aunque llamó la atención encontramos un grupo de estudiantes que terminaban y se auto llamaban millenials y que chocaban con alumnos de otros grados al revisar las listas correspondientes se detectó que aproximadamente un 30 % sólo se ubicaba en la edad de esta generación, por lo tanto se elegía indagar con ellos; alumnos inscritos y cursando el quinto semestre de una carrera profesional del área de la salud, éste fue otro punto que se consideró y que el resto de la población se encuentra en un rango de edad menor de 22 años entre 20 y 21 años. Aunque están muy de la mano en su forma de expresar y vivir hay un marco de diferencia que hace que los Millenials hayan sido seleccionados para el presente estudio.

Este grupo de estudio compuesto por estudiantes de la Universidad Autónoma del Carmen, en Ciudad del Carmen, Campeche, en su mayoría no es originario de la localidad, proviene de municipios aledaños. Y sus costumbres no son propias de la ciudad. Los estudiantes son alumnos del último grado de las carreras de Enfermería, Educación Física y Deporte, Nutrición, Psicología Clínica, Fisioterapia y Medicina.

Son estudiantes del área de la salud y destacan ya con conocimientos avanzados del área. La Universidad ofrece un programa de actividad física y deporte pero éste va ligado a becas deportivas e incluso se lleva a cabo un recreativo para todas las áreas de la facultad.

Es importante mencionar que Cd. del Carmen, Campeche tiene alto índice de inseguridad, de problemas sociales relacionados con alcohol, drogas y prostitución, de acuerdo al diagnóstico del Plan Municipal de Desarrollo. Por ser una zona petrolera de población flotante debido a la llegada de personas a trabajar que provienen de otros lugares de la república mexicana. El crecimiento ha sido basto y sustancioso aunque en los últimos meses decayó de acuerdo a los cambios de la industria petrolera.

Señalado por el DIF del estado, el modelo de familia también ha cambiado y en su dinámica el estilo paterno ha dado paso de un modelo tradicional autoritario, y el democrático a uno permisivo que puede presentarse indulgente o negligente. La configuración familiar puede vivenciarse de manera funcional o disfuncional. Cabe mencionar que los jóvenes que provienen de otros municipios chocan con la vida rápida de la ciudad, pero se van adaptando al medio, a las formas de vida, creando nuevas costumbres y esto se ve en las experiencias de ocio de los alumnos.

Como ya se indicó en las tablas y gráficas presentadas los usuarios encuestados el 100% son digitales, cuentan con teléfono móvil, usan Tablet o Laptop ha utilizado el internet, SMS, reproductor de CD, MP 3, MP4, DVD, En cuanto a las redes sociales son usuarios de Facebook, Instagram, Snapchat. Compran productos o servicios on-line. Quieren estar a la moda o con los aparatos de última generación. Buscan recompensas instantáneas, suelen presentar una sensación de impaciencia, cero tolerancia a la frustración y no les gusta aprender los mecanismos sociales de supervivencia. Hay un choque generacional a pesar que son padres jóvenes con un rango de edad de 50 a 60 años promedio. Resalta la selfie, tomada con el celular multifuncional, subirla a redes sociales y esperar los comentarios.

El disfrute, sensación de experimentar gozo, placer sea con alguien o con algo. Gratificante pero desde la mirada del estilo de vida esto es light, hay una cultura de corto plazo o de úsese y tírese. Cambian de parecer de manera frecuente, todo quieren o se le hizo creer que todo merecen. No estamos señalando que disfrutar sea malo sino a la forma como se presenta y cómo se quieren las cosas o los servicios. Desde la teoría de la experiencia óptima o flow es un estado en el que la persona se encuentra absorta en una actividad para su propio placer y disfrute. Las experiencias de ocio ofrecen acciones satisfactorias manifestadas por las emociones positivas asociadas con la felicidad, alegría, afecto; siendo experiencias subjetivas placenteras. Habiendo relación con las experiencias casuales, base para vincularse con ocio serio, formal y sustantivo. Así como un desarrollo significativo de experiencias de ocio valioso.

Otro punto desde la mirada del estilo de vida es la individualidad de cada persona, se interacciona en Facebook, en Instagram, pero no hay una relación afectiva cara cara donde se sociabilice entre iguales, el concepto de amigo en la afectividad es dando like a lo compartido y en lo que a resultados de esta indagación sobresale en con quien realiza su experiencia de ocio es de manera individual.

Otros resultados que resaltan de esta investigación es el nivel de conocimiento para asociar el tipo de ocio serio o casual y el tiempo de dedicación, son significativos los resultados, porque como ya se mencionó es el ocio casual lo que predomina y el ocio serio se queda aproximadamente en un rango del 30 % y un 15 % en cuanto al alcance de conocimiento; por lo tanto para este grupo puede ser predisponente debido al contexto sociodemográfico de la zona.

El grupo manifiesta satisfacción tanto de la experiencia de ocio casual y/o serio pero recordemos que el ocio y el tiempo libre es parte de las necesidades humanas básicas y por lo tanto es significativo que estén cubiertas, desde la visión de Maslow cuando están cubiertas las necesidades humana se llega a la autorrealización generando una experiencia cumbre, de logro y bienestar personal

y social. Los satisfactores deben ser reales sino se crea una cortina de humo falsa, pseudo satisfactores, destructores, inhibidores hay que generar satisfactores sinérgicos (Max-Neff, 2000).

En cuanto la influencia del ocio consuntivo para una experiencia óptima si se ve limitado debido que les gusta las cosas de moda, o de última generación como ya describe tabla 7.2.

7.4 Conclusiones

Dados los resultados los hombres y mujeres hacen muy pocas prácticas de ocio serio centran su vida sobre todo de fin de semana en ocio casual. Y aunque dice realizar prácticas de ocio serio, los hombres en fútbol, basquetbol, guitarra y las mujeres danza, zumba, teatro, hay que promover mayormente los beneficios del ocio como practicas saludables de ocio. Aprovechar los espacios de la comunidad y desarrollar sociedades de ocio.

- Los jóvenes de este grupo llamado milllennials se caracterizan por el consumo de tecnología, ser nativos digitales y depender de telefonía móvil de manera multifuncional casi las 24 horas al día.
- Es importante que los jóvenes desarrollen una educación del ocio por consiguiente deben definir el estilo de vida encaminado a tener hábitos saludables de ocio.
- De acuerdo a los resultados es importante que las universidades tengan programas de intervención de ocio serio, ocio valioso donde los estudiantes tengan la oportunidad de elegir una práctica formal.
- Bondades y beneficios del ocio como experiencia humana considerando como parte importante de su vida. Y que vean que el ocio casual tienen riesgos que lleva al consumo de tiempo, el consumo de servicios, enajenación y pérdida del sentido de la vida.
- Promover prácticas en familia, que favorezcan la interacción social que no esté ajena del joven y la relación paterna.
- A través de las prácticas de ocio coadyuvar a dinamizar familias funcionales y reducir problemáticas y disfuncionalidad en el grupo primario.
- Importante fortalecer la amistad entre grupos de iguales en prácticas de ocio serio.
- La Universidad debe ofrecer como parte de la educación integral programas de ocio serio, valioso a la comunidad Universitaria.

Lista de referencias

- Soto, C. Á. (2007). *Sobre el ocio y la posmodernidad. Un análisis sociocrítico*. Wanceulen. SL.
- De Bofarull de Torrents, I. (2005). *Ocio y tiempo libre: un reto para la familia*. Eunsa.
- Csikszentmihalyi, M. (2012). *Fluir: una psicología de la felicidad*. Editorial Kairós.
- Cabeza, M. C. (2014). *Ocio valioso (Vol. 52)*. Universidad de Deusto.
- Elizalde, R., & Gomes, C. (2010). Ocio y recreación en América Latina: conceptos, abordajes y posibilidades de resignificación. *Polis. Revista Latinoamericana*, (26).
- Gomes, C. L., & Elizalde, R. (2012). *Horizontes latino-americanos do lazer/Horizontes latinoamericanos del ocio*. Christianne Luce Gomes.
- Kleiber, D. A. (1999). *Leisure experience and human development: A dialectical interpretation*. Basic Books, Inc..
- Leif, J. (1992). *Tiempo libre y tiempo para uno mismo: un reto educativo y cultural*. Narcea.
- Maslow, A. (2016). *El hombre autorrealizado: hacia una psicología del ser*. Editorial Kairós.
- Max-Neef Manfred, A., & Antonio, E. (2000). *Desarrollo a escala humana: una opción para el futuro*. Centro de Alternativas de Desarrollo (CEPAUR) de Chile y Fundación Dag Hammarskjold de Suecia. Proyecto, 20.
- Quintana José Ma. Coord. 2012. *Pedagogía Familiar*. 3ra. Edición Editorial Narcea. Madrid, España.
- Rodrigo, M. J., & González, J. P. (2014). *Familia y desarrollo humano*. Alianza editorial.
- SESC Minas Gerais, (2011). *Desafíos y Perspectivas de la Educación para el Ocio*, Brasil.
- Svendsen Lars, 2008. *Filosofía del Tédio*, Tusquets Editores. 1ra. Edición en México. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Elkington, S., & Stebbins, R. A. (2014). *The serious leisure perspective: An introduction*. Routledge

Capítulo 8

Estrategias del Marketing Educativo para incrementar la matrícula en Instituciones Educativas de Nivel Superior

María Elena Martínez García¹

Juan Carlos Guzmán García²

Rocío Vargas Cruz³

Ángel Francisco Olivera Zura⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,

Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: memarti@docentes.uat.edu.mx

Resumen

En la actualidad el marketing es indispensable para cualquier empresa pública o privada en estos últimos años se ha incursionado en un tipo de mercadotecnia distinta, enfocada al sector social en específico al sector de la educación este tipo de sector es cada vez más grande, en los últimos años este sector se ha visto afectado en la entidad por distintas razones que más adelante se mencionarán, por lo cual el mercado se ha enfocado a la tarea de aplicar un tipo de mercadotecnia que les ayude a posicionar su marca, darse a conocer y crear estrategias que les ayuden a mejorar el número de in-

¹ Maestro en Administración Industrial, C. Doc. En Gestión Estratégica de Negocios por la Universidad Autónoma de Tamaulipas PTC de la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Perfil Prodep. LGAC. Marketing y Competitividad

² Doctor en Administración por la Universidad Hispano Mexicano, especialista en marketing, PTC de la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Perfil Prodep. LGAC. Marketing y Competitividad.

³ Maestro en Economía y Finanzas. Por la Universidad Autónoma de Tamaulipas PTC de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Coordinador de la Carrera de Economía y Finanzas. Presidente de la Academia de Métodos Cuantitativos.

⁴ Maestro en Sistemas de Información Gerencial por la Universidad Autónoma de Tamaulipas PHL de la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Coordinador de la Carrera en Ingeniería en geomántica.

greso de estudiantes a las instituciones. El objetivo de este artículo es dar a conocer los resultados de diferentes estrategias de mercadotecnia implementadas en la zona sur del estado de Tamaulipas en instituciones de educación superior; con el fin de mantener la matrícula de estudiantes e incrementar la misma y con ello dar alternativas de solución que pueden implementar las instituciones. El proyecto de investigación es un estudio cualitativo, descriptivo, transversal y no experimental, realizado a juicio del investigador con una muestra de 384 estudiantes de Nivel Medio Superior. El estudio arrojó que los jóvenes de nivel medio superior conocen la universidad principalmente por los familiares y a través de medios digitales ya que son los canales de comunicación más eficaces, rápidas y eficientes para dar a conocer la información.

Palabras clave: Educación de mercado • Estrategia de mercadotecnia • Marketing educativo

8.1 Introducción

Hay que recordar que el sector educativo a nivel nacional, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, es de 3 536 369 personas de 18 años y más, que asisten a la escuela, esto representa 5 de cada 100 habitantes en ese rango de edad, lo cual significa un sector todavía más pequeño ya que la mayoría solo cursa algún año de educación media y media superior, bachillerato, preparatoria y carreras técnicas (INEGI 2010).

La misión de las estrategias del Marketing Educativo es crear y facilitar que los clientes consumidores (estudiantes) obtengan satisfacer sus necesidades, esto con la ayuda de estrategias creadas por las instituciones educativas que ofrecen el servicio. Se menciona que este tipo de mercadotecnia es una herramienta de comunicación y posicionamiento e innovación para el sector educativo. Se enfoca en las prestigiadas instituciones del sector educativo privado y público, interesados en entender y aplicar el marketing, optimizar el logro de sus metas y robustecer o consolidar su presencia en el mercado (Eduketing, 2014).

Hoy en día las instituciones de nivel superior en la zona están creciendo a pasos agigantados, la alta competencia se fue dando poco a poco de solo ser unas cuantas escuelas ahora es un numeroso grupo de instituciones que ofrecen en la mayoría de los casos, las mismas carreras, los programas educativos etc., infraestructura y una amplia gama de servicios a ofrecer tanto a alumnos como a padres de familia y al sector productivo.

8.2 Marketing educativo

Para (Nuñez, 2010) el marketing educativo se define como el conjunto de estrategias y/o técnicas que son utilizadas por las instituciones educativas para captar a sus

clientes, identificar las necesidades y satisfacerlas por medio de su servicio (formación y capacitación) y a su vez tomando en cuenta la satisfacción de los apoderados o tutores del cliente. Elementos fundamentales en el marketing educativo.

Por su lado, (Franco, Gonzalo. Arrubla, 2011) proponen tres elementos fundamentales en el marketing educacional:

- Enfocar sus energías en el producto académico.
- Implementar otros servicios que acompañen a lo académico.
- Ofertar al mercado un producto y servicio de calidad, una verdadera experiencia universitaria

(Suárez, 2011) menciona que es utilizado debido a que las instituciones necesitan entrar en un mercado educativo mucho más riguroso y competitivo, en donde la calidad del estudiante es cada vez más cuestionada, es por ello que se tienen que cambiar y desarrollar nuevas estrategias en el proceso de la educación, incluyendo la gestión de calidad como una de las estrategias más utilizadas.

El marketing educacional trae algunos efectos positivos para la reforma del sistema de educación que se encuentra orientado hacia las necesidades económicas y sociales, la ampliación de la autonomía escolar, la disminución de los costos de funcionamiento y mejora de la eficiencia operativa (Paulus & Yang, 2000)

El marketing educativo es una actividad de investigación de mercado la cual, por medio de métodos, conceptos, y técnicas específicas de investigación, la especificación sistemática, la medición, la recopilación, análisis e interpretación objetiva de la información para la administración de la escuela se lleva a cabo, a fin de conocer el entorno en el cual funciona, identificando de oportunidades para la captación de alumnado, evaluación de alternativas de la escuela, sus acciones e impactos (Braşov 2012), Hoy en día, un gran número de universidades a nivel mundial, tanto del sector público como privadas, utilizan las técnicas, modelos y estrategias del Marketing. La justificación se centra en que la universidad se asemeja a una organización de servicios en la que existe una relación de intercambio con los alumnos, sus familias, las empresas, la sociedad y otros actores (Hernández 2011).

(Solís, 2004) menciona que el marketing educativo es el proceso de investigación sobre la necesidad social de los individuos (Solís, 2004); este proceso engloba los instrumentos y estrategias que emplean los establecimientos educativos para lograr obtener la atención de su mercado meta y convertirlos en sus alumnos y por lo tanto, clientes. (Segarra, 2016).

Se propone hablar sobre marketing educativo, para lograr llegar de forma más ordenada a la investigación de mercado y poder captar una mayor demanda del servicio. (Manes, 2005).

Teniendo en cuenta estas necesidades Kotler y Fox adaptaron el método de marketing en un contexto educativo, mediante la integración de elementos proporcionados por un conjunto de siete herramientas de marketing: programa, precio, plaza, promoción, procesos, instalaciones físicas y personas. (Filip, 2012)

En este sentido, el desarrollo de las estrategias para potencial el nivel educativo en las instituciones, creará una demanda para el desarrollo de la institución. (Kalenskaya, Gafurov, & Novenkova, 2013)

El servicio educativo es intangible, no son objetos más bien son resultados, esto significa que su servicio no puede ser verificado antes de la compra, para asegurarse de la calidad brindada, para esto las 4 ps en marketing que ya conocemos se convierten en 3 ps de marketing de servicios y son: personas, perceptibilidad de valor de oferta y procedimientos.

En cuanto a personas se refiere a la selección, información y motivación de empleados que es una fuente importante para la satisfacción de los clientes en una perceptibilidad de oferta existen un proceso muy bien desarrollado pero un punto importante para el servicio es la recomendación de un cliente satisfecho la mejor manera de tratar a un alumno es tratándolo como un cliente. (Hern, 2011).

Problemas del marketing educativo

Los principales problemas en el marketing educativo son:

- a) El miedo al cambio. Esto ocurre porque piensan que al cambiar las cosas podría afectar de mala manera, lo cual no siempre ocurre así, ya que si esto pasara hay diferentes tipos de soluciones.
- b) No hacer planes. Antes de hacer cualquier tipo de cambio es necesario crear un plan, esto ayudara a la empresa a no tener problemas en los cambios que hagan.
- c) No comprometer a sus trabajadores. Esto pasa porque comúnmente el personal de dichas empresas educativas, están divididos en 2 grupos (los directores y los docentes) todos deberán estar involucrados en la planificación todas las decisiones que deban tomar, para que los alumnos no tomen a la empresa como desorganizada.
- d) No conocer su mercado meta. Para esto es necesario conocer a nuestros clientes de manera psicológica, antes, durante y después de pertenecer a la institución, ya que las recomendaciones de ellos podrían servir para atraer más clientes (Solís, 2004).

Cómo se aplica en las instituciones de nivel superior

La mayoría de las universidades, tanto privadas como públicas, usan este tipo de estrategias y planificaciones; esto es porque las universidades son muy parecidas a instituciones de servicios en las cuales hay un vínculo con los alumnos y la sociedad (Naranjo, 2011).

Estrategia del Marketing Educativo

Las estrategias que marca el marketing educativo, puede llevar a cualquier institución de cualquier nivel al éxito, sabiendo la forma correcta de implementar sus estrategias, para darnos a conocer situaciones de la misma institución educativa, haciendo evidente sus fortalezas y debilidades, dándonos a conocer donde debemos mejorar, impactando en el número de ingreso de alumnos, en el manejo interno de la institución misma, implementando mejoras continuas en estrategias de retención de los estudiantes, incremento en el nivel académico, prestigio e imagen institucional, capacidad académica, vinculación, capacitación académica, aspectos administrativos que tienen como resultado calidad en los procesos, mejora continua en el entorno interno y externo de la institución.

Sector educativo en Tamaulipas y el marketing

El sector educativo en la rama de nivel superior ha tenido una caída en el número de estudiantes que quieren continuar con su carrera profesional, ya que hoy en día otros factores como la economía, inseguridad, estado civil, nivel académico, entorno familiar, desintegración familiar y la falta de oportunidades son algunas de las principales causas que han contribuido en la deserción escolar en la actualidad las escuelas no solo enfrentan la competitividad de las mismas instituciones y oferta educativa si no con otras circunstancias de nivel social, por ello es importante la implementación de estrategias a incrementar el número de alumnos.

La mercadotecnia ha tenido un gran valor para estas instituciones, con el fin de dar a conocer sus programas académicos y todas sus características y fortalezas de cada institución y con ello mantener o incrementar su matrícula, este esfuerzo es un gran reto de trabajo colaborativo tanto interno como externo para cada institución, ya que hoy en día el sector productivo está requiriendo de un capital humano con mayor capacidad. Por lo tanto, las escuelas de nivel superior como la universidad autónoma de Tamaulipas se han dado a la tarea de tratar de implementar este tipo de estrategias en beneficio de la población estudiantil tamaulipeca.

La importancia de la investigación de marketing educativo

La investigación de marketing educativo es una actividad sistemática que se apoya de métodos de investigación y en la medición, recolección, análisis e interpretación de datos y de información para la gestión de la escuela identificando alternativas oportunidades que ayuden a mejorar el ambiente escolar de acciones escolares y sus impactos que contribuyan a la creación de estrategias que impacten en la matrícula. (Tucu, 2012). Tales cambios del mercado ya son evidentes en las formas cambiantes

de la educación superior en el que el lenguaje predominante se ha convertido en un instrumento importante como en la eficiencia, la rentabilidad de la inversión y explotación de los recursos, el uso del marketing promete resultados claros y predecibles diseñados para satisfacer las expectativas del cliente.

Una de las consecuencias de la educación en el aspecto comercial es la promoción de la educación superior sobre la base de un medio para un fin y no un fin en sí mismo. La temporalidad de la educación superior se debe a las necesidades del mercado y permite que los estudiantes se conviertan en clientes, académicos para convertirse en proveedores de servicios y el desarrollo pedagógico para satisfacer las necesidades económicas y habilidades. Comercialización se convierte en el proceso que permite y da forma a los objetivos educativos en términos de consumo y la inmanencia. De este modo, la comercialización totaliza la educación superior como un esfuerzo técnico cuya utilidad es para proporcionar el tiempo más corto para la adquisición de habilidades. El peligro de esto es que se cierra nociones de educación como futuro de la imaginación y la esperanza con un esfuerzo educativo basado en la inmanencia de nuestro ser en un mundo de trabajo diseñado para el beneficio de otros. (Douglas 1992) afirma que siempre ha habido una paradoja que “las técnicas de marketing son utilizados por influencia y manipular la demanda del consumidor para identificar y anticiparse a ella”.

Dar a conocer las diferentes estrategias de mercadotecnia implementadas, que dieron un buen resultado a instituciones de nivel superior para mantener la matrícula de estudiantes e incrementar la misma y con ello dar alternativas de solución que pueden implementar las instituciones además determinar las estrategias que utilizan las escuelas de nivel superior captación de estudiantes y definir estrategias más eficaces para la captación de estudiantes. Las estrategias de marketing para organizaciones educativas deben enfocarse más en la persona, en sus aspiraciones y deseos ya que su existencia tiene como objetivo incrementar el crecimiento de las personas a través de la transmisión de nuevos conocimientos. (Andrea, 2016). Hay 5 pilares importantes en la estrategia de marketing educativo.

1. Tener presencia. Los nuevos alumnos se tornan en un sistema de exploración y búsqueda de información por lo que no solo tendrán una opción a elegir. Deben estar presentes en todos los medios que los/las estudiantes puedan consultar, siendo este atractivo y fácil de entender por el usuario, y centrarse en ayudar al futuro estudiante a tomar la mejor decisión.
2. Visibilidad para el marketing educativo. Aparecer en búsquedas de información destacadas pues da un signo extra de credibilidad. Plantear campañas de publicidad para periodos de preinscripción y reinscripción tanto en buscadores, redes sociales y en el mismo campus.

3. Segmentar. Ofrecer a cada estudiante la información que busca y que pueda influir en su decisión. Estudiar al público objetivo y separar las posibles ideologías y/o ideas que se puedan encontrar. Las campañas se dirigirán exclusivamente al público objetivo definiendo características específicas de estos.
4. Atracción y Captación. Hay que diferenciarse y producir contenido que atraiga la atención del público objetivo. Hay que combinar acciones con su ideología y la forma de captación de los alumnos.
5. Transparencia. La reputación de la institución es un activo muy importante, por lo que se debe manejar con mucho cuidado e invirtiendo los recursos necesarios para mantenerla limpia, así como ser conscientes de lo que se dice de nuestra organización y tener los mecanismos de defensa adecuados para la corrección de críticas y quejas (Segarra Brufau, 2016).

Hoy nos encontramos ante una sociedad más exigente que necesita respuestas educativas que tengan en cuenta y hagan frente a los fenómenos complejos que se plantean. Los profesionales de los centros educativos, y en especial los directivos y gestores, deben, en este contexto, actualizar y perfeccionar constantemente sus conocimientos para poder actuar de la mejor manera posible ante los nuevos desafíos. Desde una perspectiva de marketing social, los objetivos de marketing educativos pueden establecerse como el aumento del nivel de educación de las personas, la adquisición de conocimientos fundamentales y el desarrollo de las habilidades prácticas y competencias necesarias por los individuos para una buena integración social y una mejor adaptación a las normas del mercado de trabajo. (Filip, 2012).

Modelos aplicables al marketing educacional

Metodología de Bucket

Este modelo sugiere una orientación conjunta de diversos propósitos para crear relaciones más interactivas. El ciclo fundamental de dicho modelo trata de convertir tanto a los próximos consumidores como a los actuales en clientes frecuentes. Para ser eficaz necesita los siguientes componentes:

- Su postura académica
- Su apariencia empresarial
- Todos sus segmentos de mercados

El modelo de bucket trabaja haciendo conexión entre el público y las estrategias de desarrollo de la institución (Bustos & Bcker, 2003).

(Mazariegos, Chrystian. Arellano, 2006) fija las estrategias de la siguiente manera:

La formulación de estrategias radica en la evaluación de si la institución está haciendo las cosas bien o no y como ser más efectiva. Se debe procurar actualizar las estrategias para que estas ayuden a alcanzar los objetivos de la institución.

1. Estrategia académica: Incluir decisiones sobre programas actuales.
2. Estrategia de oportunidad de servicios y mercados: Identificar nuevos programas como oportunidades de mercado.
3. Estrategia competitiva: La institución no debe ignorar a su competencia.
4. Estrategia de posicionamiento: Preguntar la percepción de una persona o grupo de personas en relación a otras instituciones.
5. Estrategias de mercados objetivos: El mercado es el conjunto de personas que poseen un interés actual en el producto o servicio.

Estado actual del mercado a nivel universitario

Muchas veces las universidades no toman en cuenta el aspecto de llevar a cabo una investigación sobre el mercado estudiantil.

Una de las áreas de la gestión empresarial observada con más recelo por los académicos, en su aplicación a las universidades, ha sido, seguramente, el área de marketing. Para muchos, el marketing constituye un contrasentido a la orientación social de la universidad y al flujo libre del conocimiento (Gonzalo and Restrepo, 2007).

La educación como servicio es importante que todos los centros educativos lleven a cabo la investigación del mercado y la calidad del servicio educativo para obtener mejor resultado y satisfacer a los alumnos respecto a su educación.

8.3 Método

El proyecto de investigación es un estudio cualitativo, descriptivo, transversal y no experimental. El siguiente estudio se realizó a juicio del investigador con una muestra de 384 estudiantes de nivel superior del campus Tampico-Madero de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, integrado por 8 unidades académicas, facultad de Medicina, Arquitectura, Ingeniería, Comercio, Derecho, Música, Odontología, Enfermería, este estudio es descriptivo, explicativo y transversal considerando el acceso a ellas con la ayuda de los enlaces del departamento de promoción de cada unidad académica, como factor de inclusión se diseñó un cuestionario para conocer la afectividad promocional, análisis de costos y otros servicios que ofrece de cada facultad de del campus tomando en cuenta que sólo se mostraran algunos de la institución, el estudio es transversal porque sólo se realiza una vez en el tiempo.

8.4 Resultados

En esta parte se analizó una muestra de 384 individuos y se interpretan los resultados obtenidos de la encuesta de efectividad promocional, como instrumento de medición y un análisis de costo ya que es un factor de decisión para su ingreso en el que se ilustran las mismas gráficas para una mejor apreciación del contenido.

Obteniendo los siguientes resultados en las distintas instituciones.



Figura 8.1 Estudiante de nivel superior

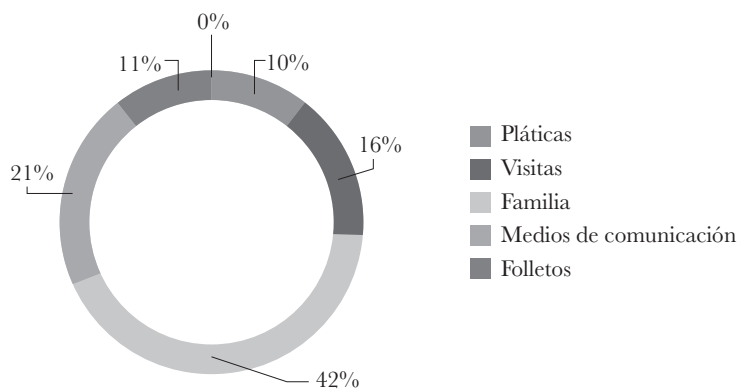
Análisis de costos

Se realizó un análisis de costos donde se determinó la institución más costosa, para identificar y determinar si el costo era un factor que afectaba el ingreso a las instituciones y se determinó que el Tecnológico de Monterrey con un costo superior a los 85 000 pesos el semestre es para un segmento de mercado medio alto y alto. Se realizó un análisis de costos donde se determinó un segmento de mercado medio bajo a bajo con costo total promedio 5 253 pesos el semestre, incluyendo todos los costos desde el inicio del proceso de inscripción como curso propedéutico hasta la inscripción. Incluyendo a la Universidad Autónoma de Tamaulipas y en segundo lugar el Tecnológico de Ciudad Madero. Esto determinó que los procesos de becas y apoyos a los estudiantes son importantes, ya que el mayor porcentaje de estudiantes de nivel medio superior tiene un nivel socioeconómico medio bajo, bajo.

Encuesta de efectividad de estrategias de mercadotecnia

Se realizó la encuesta de efectividad de la promoción de las instituciones de nivel superior donde se entrevistó a estudiantes con edades entre los 16 a los 23 años en promedio a juicio del investigador.

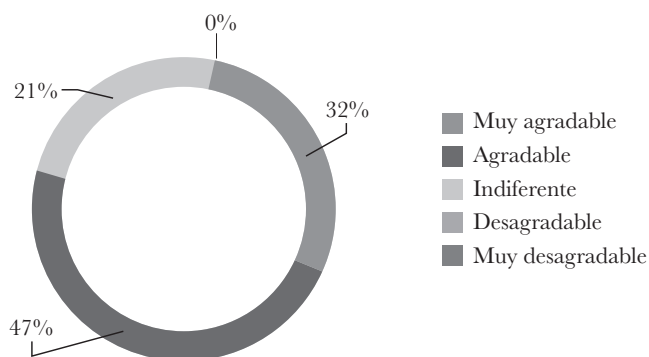
Gráfica 8.1 ¿Cómo te enteraste de esta institución?



Elaboración propia

Esta pregunta se implementó, porque es necesario conocer qué estrategias son las que traen más alumnos y son más afectivas, los resultados arrojaron que el (42%) de los jóvenes conocieron la institución por medio de sus familiares, en segundo lugar se encontró que el 21% de ellos se enteraron por los medios de comunicación; redes sociales en específico, en último lugar se colocaron los folletos y visitas a la institución.

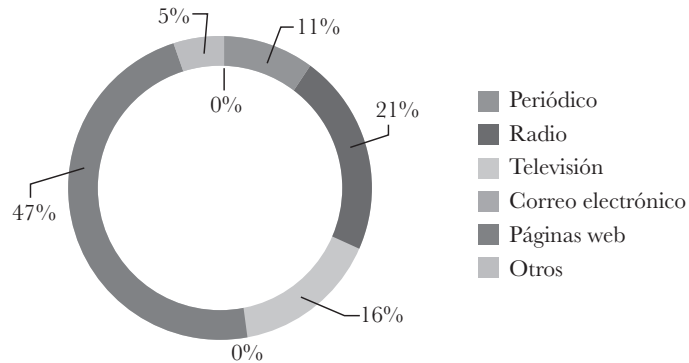
Gráfica 8.2 ¿En cuánto al agrado o desagrado que te generó la publicidad de tu institución?



Elaboración propia

Se implementó esta pregunta ya que es importante saber si las estrategias implementadas de promoción tenían preferencia en los consumidores, en primer lugar se encontró con un 47% que la publicidad se coloca como agradable en la mente de los jóvenes y en segundo lugar se colocó con un 32% la publicidad muy agradable en cuanto a la información que se otorga y con un 21% opinó que la publicidad les es indiferente.

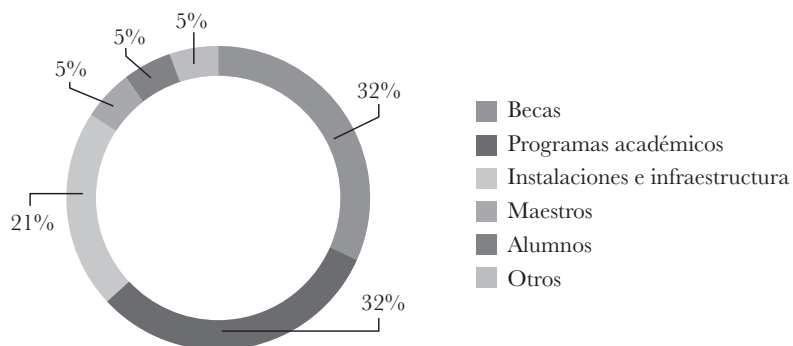
Gráfica 8.3 ¿Qué medio recomendaría para dar a conocer a tu universidad?



Elaboración propia

Los resultados arrojaron que el medio más factible para dar a conocer la universidad son las páginas web, redes sociales y todo medio digital. Los menos recomendables son los folletos, trípticos e información impresa para los jóvenes.

Gráfica 8.4 Basándose en el anuncio que vio, ¿qué es lo último que recuerda?



Elaboración propia

¿Recuerda algún anuncio de la universidad si la respuesta es afirmativa específica dónde?

El 63% de los jóvenes afirmó que recuerdan los anuncios publicitarios provenientes de la universidad, mientras el 37% mencionó que no, por lo que se concluye que sí está presente la universidad en el conocimiento de los estudiantes.

Las becas y los programas académicos con un 32% y los programas académicos son los anuncios que más recuerdan los jóvenes, ya que es lo que más le interesan, mientras las instalaciones solo al 21% y con 5%. Alumnos o maestros, la mayoría de los jóvenes recomendarían la universidad a través de los anuncios que vieron y un 5% se muestra indiferente a la publicidad y a la universidad.

¿Le han parecido creíbles las afirmaciones que se hacen en el anuncio sobre la institución?

El 42% de los jóvenes considera que la información proyectada en los anuncios es totalmente creíble, el 32% es y el 5% considera que la información es bastante increíble.

8.5 Conclusiones

El marketing educacional surge de la preocupación de las instituciones de educación por tratar de permanecer en el mercado ya que el mismo ha tenido un crecimiento muy grande en la zona conurbada, existen 37 instituciones de nivel superior refiriéndonos de los municipios de Tampico, Madero y Altamira del estado de Tamaulipas. Eso genera que la matrícula disminuya considerablemente. Es importante mencionar que en México uno de cada tres estudiantes llega a estudiar un nivel en un nivel superior. A través de esta investigación se encontró que los jóvenes conocen la universidad principalmente por familiares y amigos, también se demostró que a través de medios digitales es una muy buena opción para promocionarse ya que hoy en día son los principales canales de comunicación más utilizados, baratos cubriendo un segmento de mercado más grande y con mayor eficacia, con rapidez y eficiencia para dar a conocer la información.

Sin embargo, se pueden establecer estrategias de promoción iniciando desde dentro de la propia institución como por ejemplo el incremento de la calidad en el servicio, y con ello obtener el aumento de la matrícula. Es importante resaltar como resultado de la encuesta nos indica que como último recuerdo que tienen presentes los consumidores es el sistema de becas, ya que para los consumidores eso es muy importante, también los costos de las instituciones son muy parecidos a instituciones privadas de segmento de clase medio baja con costos aproximados y que existe una población de universidades de 35 universidades datos obtenidos en la base de datos de la Secretaría de Educación Pública también al preguntar los costos se tomó en cuenta preguntar si las otras instituciones que ofrecen las mismas

carreras, es importante hoy en día existan estrategias que ayuden a las mismas a dar a conocer su oferta educativa y mantenerse vigentes en los consumidores.

Como respuesta a una de las preguntas del cuestionario se recomienda implicar técnicas dirigidas a los medios digitales y que estos anuncios publicitarios sean llamativos y elocuentes para los jóvenes de nivel medio superior a partir de que ellos se encuentren en tercer semestre. En cuanto al grado de agrado y desagrado de la publicidad y las estrategias aplicadas los encuestados mencionaron que para ellos es agradable dando a conocer una oportunidad de mejorar en los procesos. Es importante resaltar que conforme a los resultados del cuestionario el trabajo de mercadotecnia educacional empieza desde adentro de la organización implementando el aumento de la calidad de los servicios, realizar un análisis de costo de la propia institución y cómo abordar esos costos para que estos sean más accesibles e implementar una promoción apoyada en medios digitales que hoy en día es de las herramientas más utilizadas por los jóvenes que es uno de los primeros pasos y no el incrementar la publicidad me garantiza el ingreso de nuevos estudiantes.

Lista de referencias

- Eduketing México 2014.- <http://www.eduketing.com/mx/inicio.aspx>
- INEGI 2010.-<http://cuentame.inegi.org.mx/población/asistencia>. Censo de Población y Vivienda 2010
- Alvarado Avanto, R. (2013). *Estrategias de marketing de servicios educativos para posicionamiento: caso: colegio en estudio*.
- Andrea. (2016). *Estrategias de Marketing para Instituciones Educativas - Marketing PyME*.
- Bustos, H., & Becker, R. (2003). *Libro de Marketing Educacional*.
- Brownlie, D., & Saren, M. (1992). The four Ps of the marketing concept: prescriptive, polemical, permanent and problematical. *European Journal of Marketing*, 26(4), 34-47.
- Filip, A. (2012). Marketing theory applicability in higher education. *Procedia-social and behavioral sciences*, 46, 912-916.
- Franco, G., Arrubla, P. (2011). *Marketing educativo con ética profesional*, 1-4.
- Gonzalo, J., & Restrepo, F. (n.d.). *Marketing en universidades. Descripción , análisis y propuestas*.
- Hern, C. N. (2011). Catalina Naranjo Hernández.
- Kalenskaya, N., Gafurov, I., & Novenkova, A. (2013). *Marketing of Educational Services: Research on Service Providers Satisfaction. Procedia Economics and Finance*, 5(13), 368-376. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00044-0)
- Manes. (2005). *Educación de Marketing*.
- Mazariegos, Chrystian. Arellano, R. (2006). *El manejo del marketing en el servicio educativo*.
- Naranjo, C. (2011). Marketing Educativo; desarrollo de una estrategia C.E.M. aplicado a a Universidad Nacional sede Manizalez como base para la fidelización de clientes y complemento a la estrategia de C.R.M., 1-172.
- Núñez, V. (2010). *Marketing Educativo*, 1-147.
- Paulus, P. B., & Yang, H.-C. (2000). *Idea Generation in Groups: A Basis for Creativity in Organizations. Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 76-87. <https://doi.org/10.1006/obhd.2000.2888>
- Segarra, J. (2016). *Los 5 pilares del marketing educativo*.
- Solís, J. (2004). *Marketing Educativo*. Lima, Perú, (0), 1-96.
- Suárez, V. (2011). *Plan de marketing para la unidad educativa*, 1-198.
- Tucu, G. B. R. U. N. (2012). *Uso en la investigación cualitativa marketing educativo*, 5(1).

Capítulo 9

La responsabilidad social aplicada como estrategia de publicidad en pequeños empresas de la zona sur de Tamaulipas

Nora Hilda González Durán¹
Juan Antonio Olguín Murrieta²
Juan Carlos Guzmán García³
Rodolfo Barragán Ramírez⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: nhgonzalez@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Este trabajo de investigación es un estudio descriptivo que se realizó en las micro y pequeñas empresas ubicadas en la zona sur del estado de Tamaulipas. La importancia que tiene este tipo de empresas en cuanto al empleo que generan y a su aportación al PIB nacional ya que en el primer trimestre del 2017 marcó un aumento del 2.5%, se decidió investigar cuál es el uso que hacen sobre un rubro muy importante en su operación: la Publicidad. La investigación se hizo con empresas que estuvieran afiliadas a la Cámara Nacional de Comercio ubicada en Cd. Madero. Se buscó determinar la forma en que estas empresas hacen su publicidad utilizando la responsabilidad social como estandarte, además de saber cuáles son los criterios utilizados para determinar el medio a utilizar, la cantidad de dinero destinada a esta actividad, la duración de la campaña publicitaria

¹ Doctora especialista en temas de marketing, publicidad y competitividad. Líder del Cuerpo Académico Mercadotecnia y Competitividad.

² Doctor especialista en temas de competitividad y negocios. Integrante del Cuerpo Académico Mercadotecnia y Competitividad.

³ Doctor en Administración por la Universidad Hispano Mexicano, especialista en marketing, PTC de la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Perfil Prodep. LGAC. Marketing y Competitividad.

⁴ Doctor especialista en concreto y materiales. Colaborador del CA en Transversalidad Ambiental.

y la manera en que se mide la efectividad de la publicidad en dichas compañías. Entre los resultados que se obtuvieron están el que el medio más utilizado es el que incluye folletos, volantes y que el medio menos usado es la televisión, debido a su costo. Aunque también es de mencionarse que una gran mayoría de los empresarios no efectúan una evaluación de la publicidad que realizan.

Palabras clave: Publicidad • Efectividad • Pequeñas empresas

9.1 Introducción

Tamaulipas es un estado con un amplio desarrollo económico en las áreas de la petroquímica, educación, comercio y servicios. El desarrollo se viene dando de manera natural con los apoyos dados en el área de comercio y servicio por la Secretaría de Economía a través de fondos para PyMEs que esto se ha constituido como una herramienta de apoyo para los empresarios. Un dato importante del Instituto Nacional de Estadísticas Geográficas, las MyPyMEs constituyen el 99.8% de las unidades económicas del país, generan al 34.7% de la producción total, contribuyen con el 73% de los empleos y tienen en particular importancia para la economía nacional.

En la Zona Sur de Tamaulipas los empresarios cada día se enfrentan a problemas en sus ingresos por ventas, la mayoría de ellos se encuentran endeudados y buscan inversionistas para crear alianzas comerciales o buscando apoyos a través de la Secretaría de Economía. En esta investigación nos pudimos dar cuenta que el empresario de la zona cree que la publicidad o el uso de estrategias de mercadotecnia son un gasto y no lo ve desde la perspectiva de una inversión o costo a recuperar. Ante esta problemática nace una pregunta ¿Cómo te das a conocer y qué tipo de publicidad manejas ante tus clientes? En esta investigación se plantean los siguientes objetivos:

- Analizar el uso de la responsabilidad social como estrategia en la publicidad de las MyPEs en la zona Sur de Tamaulipas. Saber la opinión que tienen los propietarios de micro y pequeñas empresas respecto a los beneficios de la publicidad en sus negocios.
- Conocer los criterios aplicados para seleccionar los medios de comunicación usados para su publicidad.
- Analizar los criterios usados para determinar los montos asignados al rubro de publicidad.
- Definir los criterios que se utilizan para medir la efectividad de la publicidad que realizan.

Descripción del problema

El mundo no es tan estable como era ayer y lo será menos mañana. Operar un negocio pequeño va a ser más difícil en el futuro, a menos que se tomen las decisiones

adecuadas que permitan un buen manejo del negocio pequeño y mediano. Hoy en día ya no sólo es necesario el trabajo duro sino también hacerlo de manera inteligente. Para lograr triunfar deberán continuamente revisar la validez de los objetivos del negocio, sus estrategias y su modo de operación, tratando siempre de anticiparse a los cambios y adaptando los planes de acuerdo a dichos cambios.

Quienes crean empresas pequeñas lo hacen desconociendo las escasas probabilidades de supervivencia que tienen si no se hace un buen uso de los recursos que manejan (Spenta,2007). En los últimos años, incluso a las empresas mejor dirigidas les ha costado trabajo mantener, ya no elevar, su nivel de beneficios. Según un estudio realizado por economistas de la Universidad Nacional Autónoma de México (Lefcovich, 2009) demuestra que “el 50% de dichas empresas quiebran durante el primer año de actividad, y no menos del 90% antes de cinco años. Según revelan los análisis estadísticos, el 95% de estos fracasos son atribuibles a la falta de conocimiento y de experiencia en la dirección de empresas de la persona que lleva las riendas del negocio” y es aquí en donde recae el meollo del asunto, que los empresarios están cada vez menos dispuestos a invertir en publicidad ya que consideran que es un gasto, ya que el importe destinado a publicitar su negocio es un porcentaje que se encuentra atado al nivel de ventas. Entonces, si las ventas aumentan, aumenta la publicidad, pero si las ventas bajan, la publicidad tiene el mismo destino. Grave error.

Planteamiento del problema

- ¿Qué opinión tienen los propietarios de las MyPEs respecto a los beneficios de su publicidad y como seleccionan los medios de comunicación que usan?
- ¿Cómo determinan el monto que invertirán en publicidad y cómo miden la efectividad de la misma?
- ¿Qué opinión tienen sobre la responsabilidad social como uso en la empresa?

Justificación

Esta investigación se realiza con la finalidad de estudiar las prácticas de hoy en día en el mercado de las micro y pequeñas empresas respecto a la publicidad y la responsabilidad social, busca conocer la opinión que tienen los propietarios de dichas empresas de la publicidad, el modo en el que la llevan a cabo y los medios de comunicación que utilizan para darla a conocer, y aunado a esto, identificar qué porcentaje de empresas llevan a cabo una evaluación de resultados que obtienen de su publicidad y la manera en la que estos resultados son medidos. El presente documento busca de igual manera hacer partícipes a los dueños y gerentes de negocios dando parte de sus experiencias a lo largo de su trayectoria como

empresarios y al finalizarse ser presentado a cada uno de ellos demostrando las bondades que puede traer el uso de la publicidad para dar a conocer su negocio.

El alto índice de quiebras de pequeñas empresas durante el primer año de vida de la misma, obedece en un 45% a la falta de publicidad capaz de difundir a los consumidores la existencia y beneficios que ofrece la misma; gran parte de esto debido a la actitud renuente de los administradores a “gastar” en publicidad o en su defecto, en el poco capital que se designa a ella (Revista Pregonero, 2009). Hoy en día se debe resaltar que la publicidad ha dejado de ser un gasto para convertirse en una herramienta, una inversión con la cual los recursos aplicados tienen una tasa de retorno que puede llegar a 75 por ciento (Revista Mercados, 2008). Resulta un tema importante ya que la gran mayoría de las empresas que se encuentran establecidas en la zona e incluso en nuestro país caen en ésta categoría de PyMES y son el sustento de muchas familias de la región, y lo que se busca es dar solución y una alternativa que los propietarios podrían implementar dentro de su negocio acerca del uso adecuado de la publicidad y los recursos que el marketing ofrece en beneficio y crecimiento de su propia empresa.

Puntos a investigar

- Opinión acerca de la publicidad
- Criterios utilizados para determinar los montos asignados a publicidad.
- Criterios aplicados para seleccionar medios de comunicación.
- Criterios utilizados para medir la efectividad de la publicidad.

Esta investigación analizará el uso y la inversión en publicidad de una muestra de empresas comprendidas en la Zona Sur de Tamaulipas en específico en Ciudad Madero. Se dependerá sustancialmente del apoyo que se obtenga de las empresas investigadas.

9.2 Fundamentos

Concepto de MyPE

Para comenzar a hablar del tema de investigación que se expondrá en las páginas siguientes debemos comenzar por definir el concepto de MyPE. MyPE corresponde a “Micro y Pequeña empresa”. Las MyPEs han existido desde siempre y han constituido el principal componente de las economías de los países. De ahí que en tiempos recientes el gobierno decide apoyarlas para permitir que se desarrollen y en consecuencia el país crezca. Cuando se analiza la estructura económica de cualquier país encontramos la coexistencia de empresas de distinta envergadura. Asimismo cuando analizamos sectores determinados en los países encontramos

el mismo fenómeno, es decir que de ello podemos determinar que la dimensión de una empresa no está relacionada con un sector de actividad específico, ya que no existe una actividad donde inevitablemente las empresas deben tener una dimensión dada para funcionar, tampoco existen países o economías dados que exijan un determinado nivel de actividad para que se conforme una empresa.

De lo anterior es que podemos concluir que en algunos lugares existen sectores más productivos que otros, actividades que cuentan con ventajas comparativas frente a otros países, pero en todos encontraremos empresas pequeñas, medianas y grandes. Adentrándonos más en el concepto de MyPE encontraremos que su definición parte del criterio que toma en cuenta la cantidad de trabajadores con la que cuenta, ya que para ser considerada “micro empresa” la entidad debe contar con entre uno y diez trabajadores. Y para que una empresa entre en la categoría de “pequeña empresa” deberá contar con entre diez y cincuenta trabajadores.

Según el Sistema de Información Empresarial Mexicano, una MyPE “Es la unidad económica constituida por una persona natural o jurídica, bajo cualquier forma de organización o gestión empresarial contemplada en la legislación vigente” (www.siem.gob.2010).

Publicidad

La publicidad se ha convertido en un elemento totalmente intrusivo y omnipresente hoy en día. Hay pocos lugares en el entorno social cercano de las personas que no estén impregnados de indicaciones para comprar un producto o servicio particular. La publicidad constituye un concepto lo suficientemente amplio como para incluir casi cualquier cosa. El cartel escrito a mano que aparece en el escaparate de una tienda anunciado “se dan clases particulares”, los folletos distribuidos por las cadenas de supermercados que muestran sus ofertas, los anuncios clasificados que aparecen en los periódicos, el anuncio de una bebida refrescante o el de un nuevo modelo de coche que se transmite por televisión, e incluso los carteles electorales que muestran la imagen de un político durante la campaña electoral, todos ellos son ejemplos de publicidad. Por lo tanto, la publicidad adopta tantas formas como productos o servicios de venta, pues es un medio importante de estimular las ventas en un mundo orientado al consumo.

Según (Kotler, 2010) se considera publicidad a “cualquier forma pagada de presentación y promoción no personal de ideas, bienes o servicios por un patrocinador que se identifica”. Según la American Marketing Association (2010) la publicidad consiste en “la colocación de avisos y mensajes persuasivos, en tiempo o espacio, comprado en cualesquiera de los medios de comunicación por empresas lucrativas, organizaciones no lucrativas, agencias del estado y los

individuos que intentan informar y/o persuadir a los miembros de un mercado meta en particular o a audiencias acerca de sus productos, servicios, organizaciones o ideas”. Por lo tanto y partiendo de las definiciones anteriores, llegamos a la conclusión de que la publicidad es una forma de comunicación impersonal y de gran alcance que es pagada por un patrocinador identificado (ya sea empresa lucrativa, organización no gubernamental, institución del estado o persona individual) para informar, persuadir o recordar a un grupo objetivo acerca de los productos, servicios, ideas u otros que promueve, con la finalidad de atraer a posibles compradores, espectadores, usuarios, seguidores u otros.

Una de las principales tareas que se debe realizar al momento de formular una campaña publicitaria, es la de fijar los objetivos que tendrá la publicidad. Este punto llega a ser de crucial importancia debido a que el mensaje que se utilice durante la campaña, los medios que se empleen, el presupuesto que se le destine y la evaluación que se realice, girarán en torno a los objetivos que han sido previamente fijados.

En términos generales, la publicidad tiene dos tipos de objetivos:

- Objetivos generales
- Objetivos específicos

Los objetivos generales, se clasifican según el propósito de los objetivos (Kotler, 2010) en su libro “Dirección de Marketing, Conceptos Esenciales” propone los siguientes tres tipos de objetivos:

1. Informar: Este es un objetivo que se planea alcanzar en la etapa pionera de una categoría de productos, en la que el objetivo es crear demanda primaria. Por ejemplo, los fabricantes de DVD tuvieron que informar en un principio a los consumidores cuáles eran los beneficios de su tecnología.
2. Persuadir: Este objetivo se planifica en la etapa competitiva, en la que el objetivo es crear demanda selectiva por una marca específica.
3. Recordar: Este objetivo es aplicable cuando se tienen productos maduros. Por ejemplo, los anuncios de Coca-Cola tienen la intención primordial de recordar a la gente que compre Coca-Cola.

Los objetivos específicos son mucho más puntuales. Stanton, Etzel y Walker (2011) autores del libro “Fundamentos de Marketing”, proponen los siguientes objetivos:

1. Respaldo a las ventas personales: El objetivo es facilitar el trabajo de la fuerza de ventas dando a conocer a los clientes potenciales la compañía y los productos que presentan los vendedores.

2. Mejorar las relaciones con los distribuidores: El objetivo es satisfacer a los canales mayoristas y/o minoristas al apoyarlos con la publicidad.
3. Introducir un producto nuevo: El objetivo es informar a los consumidores acerca de los nuevos productos o de las extensiones de línea.
4. Expandir el uso de un producto: El objetivo puede ser alguno de los siguientes: 1) extender la temporada de un producto, 2) aumentar la frecuencia de reemplazo o 3) incrementar la variedad de usos del producto.
5. Contrarrestar la sustitución: El objetivo es reforzar las decisiones de los clientes actuales y reducir la probabilidad de que opten por otras marcas.

Beneficios de la publicidad

1. Sea cual sea el tamaño de la empresa, casi toda la publicidad más bien toda tiene como propósito principal vender.
2. De la mano con lo anterior, se deduce que un buen sistema publicitario puede convertirse en un instrumento útil para apoyar competitivamente el crecimiento económico de la empresa y a su vez esto es posible gracias a la información que se le entrega a las personas sobre la disponibilidad de nuevos productos y servicios razonablemente deseables, y mejorando la calidad de los ya existentes.
3. La publicidad mantiene constantemente informada a la población y les da herramientas para que puedan tomar buenas decisiones cuando llevan el rol de consumidores y al mismo tiempo se está estimulando el progreso económico de la empresa, el sector comercial y el país a través de la expansión de los negocios y del comercio.
4. Por lo tanto, una publicidad bien llevada representa una situación de ganar-ganar para ambos miembros implicados en el proceso, es decir, gana el consumidor y gana la empresa.

Medios de comunicación

Los medios de comunicación son el canal que las empresas, apoyadas por publicistas, utilizan para transmitir un mensaje determinado al público al que desean dirigirse, por tanto, la elección del o de los medios de comunicación a utilizar en una campaña publicitaria es una decisión de suma importancia porque repercute directamente en los resultados que se obtienen con ella. Por lo tanto, es necesario conocer cuáles son los diferentes tipos de medios de comunicación, en qué consisten y cuáles son sus ventajas y desventajas, con la finalidad de que se puedan tomar las decisiones más acertadas al momento de seleccionar los medios que se van a utilizar. Antes de comenzar a definir los diferentes tipos de medios de comunicación es necesario

aclarar que para efectos de esta investigación no se tomaron en cuenta medios de comunicación como cine, street marketing, la publicidad directa y los medios alternativos, ya que debido a su alto costo resulta lógica la deducción de que una micro o pequeña empresa no podría permitirse el hacer publicidad mediante alguno de dichos medios, por lo tanto únicamente se desglosarán los medios de comunicación masivos que son los que este tipo de empresas suelen utilizar.

Medios de comunicación masiva

En muchas ocasiones, las estrategias publicitarias se centran en medios masivos de comunicación, por tanto, quien tiene el poder de manejar los medios tendrá el poder de manejar a la opinión pública según sus propios intereses. Según Laura Fischer y Jorge Espejo (2012), los medios masivos de comunicación “son aquellos que afectan a un mayor número de personas en un momento dado y son también conocidos como medios medidos”. Pasando al desglose de cada uno de los medios tenemos los siguientes (Kotler, 2010).

- Periódico: Es un medio visual masivo ideal para anunciantes locales.
 - Ventajas: Flexibilidad, actualidad, buena cobertura de mercados locales, aceptabilidad amplia, credibilidad alta.
 - Desventajas: Vida corta, calidad baja de reproducción, pocos lectores del mismo ejemplar físico y no es selectivo con relación a los grupos socioeconómicos.
- Televisión: Es un medio audiovisual que permite a los publicistas desplegar toda su creatividad porque pueden combinar imagen, sonido y movimiento.
 - Ventajas: Buena cobertura de mercados masivos; costo bajo por exposición, combina imagen, sonido y movimiento, atractivo.
 - Desventajas: Costos absolutos elevados, saturación alta, exposición efímera, menor selectividad de público.
- Radio: Es un medio “solo-audio” que en la actualidad está recobrando su popularidad ya que según Lamb, Hair y McDaniel (2010), escuchar la radio ha tenido un crecimiento paralelo a la población sobre todo por su naturaleza inmediata, portátil, que embona perfecto con el estilo de vida acelerado que vive la sociedad actual.
 - Ventajas: Buena aceptación local, selectividad geográfica elevada y demográfica, costo bajo.
 - Desventajas: Solo audio, exposición efímera, baja atención (es escuchado a medias), audiencias fragmentadas.
- Volantes y folletos: Son impresos de un número reducido de hojas que sirven como instrumento divulgativo o publicitario.

- Ventajas: Bajo costo, forma de distribución variada (punto de venta, buzoneo, repartición en vía pública).
- Desventajas: Baja atención, baja selectividad de público.
- Anuncios espectaculares: Es un medio visual que se encuentra en exteriores o al aire libre.
- Ventajas: Flexibilidad alta, exposición repetida, bajo costo, baja competencia de mensajes, buena selectividad por localización.
- Desventajas: No selectivo en cuanto a edad, sexo y nivel socioeconómico, no tiene profundos efectos en los lectores, se le critica por constituir un peligro para el tránsito y porque arruina el paisaje natural.
- Carteles: Materiales gráficos capaces de transmitir un mensaje.
- Ventajas: Flexibilidad alta, exposición repetida, bajo costo.
- Desventajas: No tiene profundos efectos en los lectores.

Criterios de selección de medios de comunicación para efectuar la publicidad

Una vez que se conozcan los tipos de medios de comunicación que podrían ser utilizados para llevar a cabo una campaña publicitaria que beneficie a la empresa y habiendo analizado las ventajas y desventajas que cada uno de los medios de comunicación ofrece se procederá a la selección de los medios adecuados para efectuar la publicidad.

La selección del medio dependerá de las razones por las cuales el empresario necesite hacer uso de la publicidad y en la mayoría de los casos, la lógica será su mejor guía y además deberá tomar en cuenta cuatro factores importantes:

- El objetivo: Que no es más que el conocer ¿qué es lo que desea obtener y en cuánto tiempo lo va a hacer? Ya que conocer sus metas es necesario y los objetivos de publicidad deben estipularse siempre de manera clara y por escrito siendo siempre realistas y coherentes a la hora de plantearlos, ya que los objetivos deben ser acordes a lo que la publicidad puede lograr.
- Audiencia: En este punto se debe conocer ¿quiénes son y dónde están las personas a las cuales el empresario desea llevar su mensaje? Es necesario tener definida cuidadosamente el nicho de mercado al que se quiere llegar.
- El mensaje y la frecuencia: En este punto deberá conocer ¿qué se desea decir y con qué frecuencia? Es imprescindible que los medios de comunicación que usted seleccione deben proyectar su mensaje de manera efectiva. Nuevamente, será momento de aplicar la lógica para decidir qué medio utilizará, para ejemplificar lo anterior se tiene lo siguiente: si usted tiene mucha información que ofrecer será obvio descartar un anuncio de radio de 30-segundos.

- Su presupuesto: El presupuesto será quizá el factor más influyente dentro del plan de publicidad.

Si la empresa no puede solventarlo no tiene sentido el publicar un anuncio a todo color o un spot en la televisión ya que comprar sólo un spot en televisión no es una compra efectiva puesto que diversos estudios han revelado que los consumidores deben estar expuestos a un anuncio durante repetidas ocasiones para que se pueda llevar a cabo la acción que se pretende lograr con él.

El dinero no debe ser el único factor determinante en su decisión y para poder tomarla de manera correcta es necesario tener pleno conocimiento de detalles de suma importancia como el conocer quién escucha la estación, el momento de cada medio y la manera en que el medio se ajusta al mensaje que se desea proyectar.

El empresario no debe olvidar nunca una de las máximas de la publicidad planteada por el experto en marketing (Zyman, 2012).

Diga la verdad, dígala toda y dígala rápido.

Medición de la efectividad de la publicidad

Los gerentes siempre han encontrado conveniente comprobar o vigilar lo que se está haciendo para asegurar que el trabajo de él mismo y de otros miembros de la empresa está progresando en forma satisfactoria hacia el objetivo predeterminado por lo tanto es de gran importancia mantener una retroalimentación constante con respecto a su mercado meta y a la publicidad que se está realizando.

De lo anterior se obtiene que la única forma de saber si la publicidad que se está llevando a cabo está funcionando es midiendo su efectividad en función del objetivo que deseas lograr, es decir, el o los objetivos que se plantearon al inicio de la elaboración de la campaña publicitaria.

Responsabilidad social

La ética y la responsabilidad social son conceptos que la sociedad ha aplicado en su actuar desde tiempos atrás, y han sido introducidos en las organizaciones y conceptualizadas por sus creadores.

La ética la podemos definir como el espacio donde se concentra la vida y en donde se distingue el proceder del hombre y las bestias, es decir, es el conjunto de normas morales que rigen la conducta humana.

Desde el punto de vista de las organizaciones, la ética tiene que ver con la axiología, o sea con los valores que son reflejados en la cultura empresarial como normas y principios, y que tienen como fin alcanzar una mayor armonía con la sociedad para permitir una mejor adaptación a todos los entornos en pro

de respetar los derechos de la sociedad y los valores que ésta comparte. Hoy en día es importante conocer los valores que se manejan en las empresas y estos son transmitidos por los directivos o dueños esto se permean en los trabajadores como ejemplo en su actuar dentro de las organizaciones.

Esto que quiere decir que en las empresas se desarrollan códigos como forma de comunicación que se establecen desde una formalidad e informalidad.

9.3 Metodología

La investigación está siendo presentada en un marco descriptivo, ya que el presente estudio está enfocado en poner de manifiesto, es decir, describir la situación actual de las MyPEs en cuanto al manejo y uso que hacen de la publicidad dentro de la empresa.

Descripción del objeto de estudio

Para efectos de este trabajo de investigación, se considera como población a las micro y pequeñas empresas de Ciudad Madero, Tamaulipas, tomando en cuenta que no sean sucursales o franquicias de otras empresas establecidas en otros lugares del país o del extranjero.

Población y obtención de la muestra

El padrón total de empresas registradas en la oficina de CANACO Madero es de 834 empresas y es con esta cantidad que se efectuará la investigación.

Del total de empresas se hizo el cálculo del tamaño de la muestra y se obtuvo un dato de 63 empresas que habría que ser investigadas.

La cifra anterior de empresas que deben ser analizadas se obtuvo de la siguiente manera:

Se manejó un nivel de confianza del 90%, además se estimó una proporción “p” de éxito del 50%.

El desglose del resultado del número de encuestas aplicadas es el siguiente:

N= 834 empresas

Z= 1.65 para un nivel de confianza del 90%

e= 10% = 0.1

p= 0.50

q= 0.50

Sin embargo, se amplió la muestra a 80 empresas con la única finalidad de obtener una mayor representatividad estadística, justificando esta ampliación con un muestreo por juicio, este método se utiliza cuando el tamaño de la muestra es muy

pequeño. En este tipo de muestreo, la muestra se determina con base en el juicio del responsable de la investigación (Fischer,2012) . Dentro de las empresas que serán tomadas en cuenta para llevar a cabo éste análisis existe una gran diversidad de giros, desde tiendas de materiales, ferreterías, talleres mecánicos, talleres de costura, consultorios médicos, comercializadoras, etc. Como nota importante, se debe aclarar que se seleccionó a la CANACO Madero como universo de trabajo, porque es la institución en donde se encuentra la mayoría de las micro y pequeñas empresas registradas oficialmente. Se sabe que existen muchísimas más empresas del tipo de interés que este trabajo persigue, pero sin embargo no se encuentran registradas en algún tipo de cámara empresarial, por lo tanto, para los fines que se persiguen en ésta investigación, a las empresas que no se encuentran registradas en ningún padrón no se les fue consideradas.

Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de la información será necesario hacer uso de la encuesta como técnica principal para la obtención de información de primera mano y de esa forma establecer un diagnóstico más ajustado a la realidad de las MyPEs. El procedimiento utilizado para la administración de la misma fue cara a cara, de modo que el encuestador leyó las preguntas y rellenó los espacios que el encuestado expresó en cada uno de los casos. La elección de las unidades muestrales se hizo con base en criterios ya definidos con anterioridad como son: que se tratara de una micro o pequeña empresa de acuerdo con estándares ya establecidos en México, que no fuese una sucursal de otras empresas ya establecidas en el interior del país o el extranjero y que la empresa estuviera registrada en el padrón de empresas de la CANACO Madero. La selección de las empresas que conforman este estudio se efectuó a través de un recorrido por las calles y avenidas que comprenden Ciudad Madero tomando en cuenta los criterios anteriormente citados.

Instrumento de recolección de datos

El instrumento utilizado fue un cuestionario, el cual consistió en una guía de preguntas estructuradas de tipo cerradas, de opción múltiple, y abiertas de tal manera que dicho instrumento permitiera obtener toda la información necesaria de acuerdo a las variables e indicadores establecidos.

Análisis y procesamiento de datos

Hecho el levantamiento de la información de manera completa, se procederá a revisar cada una de las encuestas y a vaciar los datos de cada interrogante en tablas. Para hacer práctico y fácil el conteo de los datos y para efectos de análisis

e interpretación de la información, se vaciarán los datos en una hoja de cálculo de Excel, que se adjuntará a este documento en la parte de anexos. Posteriormente se darán a conocer los resultados y se dará una explicación a fondo de cada uno de los resultados obtenidos en cada una de las preguntas planteadas en el cuestionario.

9.4 Resultados

Ahora bien, una vez realizado el proceso de investigación, analizado e interpretado los resultados obtenidos por parte de los propietarios de las empresas, se concluye lo siguiente:

- De los 80 propietarios de empresas quienes fueron encuestados, 28 personas tienen entre 31 y 41 años, seguido por 23 personas con un rango de edad de entre los 42 a 55 años, mientras que 15 personas tienen más de 56 años y 14 personas son gente que ronda entre los 20 y 30 años. De lo cual podemos extraer que la mayoría de las personas que poseen una empresa en Ciudad Madero ronda entre los 31 y 55 años.
- 38 individuos, que son casi la mitad de las personas encuestadas se encuentran respaldadas por una carrera profesional. Mientras que los niveles de educación primaria y secundaria son los que fueron cursados por 5 y 19 personas respectivamente. Es decir, casi la mitad de las personas que poseen una micro o pequeña empresa son individuos profesionistas.
- De los empresarios encuestados, 48 de ellos cuando se encuentran en su rol de consumidor manifiestan que la publicidad es la herramienta mediante la cual se mantienen en contacto permanente con los productos que se ofrecen en el mercado y los beneficios que de ellos podrían obtener si los adquiriesen. Mientras que los empresarios restantes manifiestan creer entre un 75% y 50% de las veces que la publicidad les es útil para enterarse de los productos o servicios que circulan en el mercado.
- Casi el 40% de los empresarios encuestados manifiestan que el 75% de las veces la publicidad es realista, mientras que un 35% de ellos manifiesta creer que únicamente la mitad de las veces la publicidad es realista.
- El 36% de las personas encuestadas respondieron creer casi siempre, es decir, el 75% de las veces que la publicidad es sincera, es decir, una gran mayoría de los encuestados manifiestan tener poca confianza en los anuncios publicitarios a los que han sido expuestos.
- Casi el 82% de los empresarios encuestados expresaron creer totalmente que la publicidad si modifica los hábitos de consumo de las personas, pero irónicamente solo el 69% de los 80 empresarios encuestados admite realizar publicidad en su negocio.

- El método más socorrido para llevar a cabo la publicidad en las micro y pequeñas empresas resultaron ser los folletos y volantes con un 30% de mención, seguido por los carteles con un 20%, con un 17% los anuncios espectaculares, seguidos por la radio y la televisión con un 10% de uso.
- Los empresarios no toman en cuenta las ventajas y desventajas que los diferentes medios de comunicación le ofrecen a la hora de hacer su selección, la mayoría de ellos se dejan llevar por el costo que tiene cada uno de los medios siendo éste el factor determinante en su decisión final.
- La mitad de las personas encuestadas manifiestan tener perfectamente delimitado el público a quienes está dirigida su publicidad porque tienen pleno conocimiento de que es lo que venden y a quienes se lo quieren vender.
- Un 78% de los empresarios encuestados respondieron invertir menos de \$1 000.00 en publicidad mensual para su empresa, mientras que el 12% restante respondió no gastar más de \$3 000.00 en dicho rubro ya que, en ambos casos, dicho monto se asigna mensualmente de acuerdo a las necesidades de la empresa y a como se vayan presentando los hechos día con día, es decir, las micro y pequeñas empresas trabajan de manera reactiva de acuerdo a las situaciones que sus clientes y el mercado les presente.
- De manera fehaciente se encontró que la experiencia de los empresarios y los sucesos que se dan en el día con día de la empresa son los factores clave para tomar todas las decisiones que conciernen al funcionamiento de la empresa en general ya que únicamente el 27% de los propietarios de MyPEs respondieron tener una planificación que abarque todas las actividades que se deben realizar en la empresa con sus respectivos costos, tiempos y modos.
- Sin embargo, un 98% de los empresarios manifestaron sentir que la publicidad que han realizado para la empresa ha logrado incentivar la acción de compra del público al que ha sido expuesta.
- El 70% de los empresarios manifestaron que hablar sobre la responsabilidad social como estrategia en su publicidad es moda. Ya que es una manera de atraer a sus clientes y que ellos los consideren que aportan algo a la sociedad en cuestión del medio ambiente.
- Las encuestas arrojaron que el 70% de los empresarios no realizan una medición de la efectividad de su publicidad por lo cual tienen nociones de los cambios que el mercado presenta en relación con sus anuncios publicitarios, pero no tienen un registro que pueda comprobar las

teorías que ellos se plantean. Mientras que una pequeña minoría manifestó llevar a cabo investigaciones que les permita medir la efectividad de su publicidad, siendo el método de preguntar directamente al cliente el más socorrido por los empresarios; así como el método de incluir promociones dentro de su publicidad y que es medido por la empresa al momento en el que los clientes se presentan queriendo hacer válidas dichas promociones.

9.5 Discusión

Con base en la información recopilada en este proyecto de investigación:

- Deberá tenerse un plan de acción preparado con anticipación en el que se detallen los objetivos que desean lograrse en la empresa, así como también se deben estipular tiempos, costos y formas de operar y dicho plan deberá seguirse lo más apegado posible a lo planteado en un principio. Pero como el éxito de dicho plan no depende en su totalidad de las maniobras que el empresario realice, sino que también se ve afectado por factores externos, se deberá tener un plan de reacción con el cual se podrán combatir las posibles fallas del plan original.
- Antes de lanzar una campaña publicitaria, por pequeña que sea, se deberá segmentar, identificar y analizar bien las características y demandas del público objetivo a quienes se destinará la publicidad. Deberá tomarse en cuenta que no todos los públicos reaccionan de la misma manera y que tampoco todos tienen acceso a los mismos canales de comunicación, por lo cual, al identificar y analizar bien el mercado meta tendrán la oportunidad de diseñar mejor sus mensajes, medios, canales y demás estrategias publicitarias.
- Se debe tomar en cuenta que la publicidad entra por los ojos por lo tanto se debe prestar especial atención a las imágenes que conforman la publicidad a realizar pues son dichas imágenes lo que más efecto tendrá durante la atención y recepción del mensaje publicitario.
- El logotipo de la empresa deberá ser siempre sencillo, claro, legible y entendible.
- Para seleccionar el medio de comunicación adecuado para transmitir la publicidad de la empresa deberá analizarse las ventajas y desventajas que cada medio lleva consigo y deberá ser en base a ese factor que se tome una decisión. El factor “costo” es un aspecto muy importante pero no deberá ser nunca el único factor determinante.
- Para que la publicidad sea efectiva ésta deberá ser constante y repetitiva, no basta con lanzar una campaña publicitaria y en poco tiempo dejarla en

el olvido, sino que siempre se deberá hacer recordar a los consumidores sobre la empresa y los productos, servicios o beneficios que la organización le ofrece.

- El mensaje publicitario deberá ser siempre veraz y nunca deberá ofrecerse algo con lo que la empresa no cuenta o con lo que no puede cumplir, pues en caso de suceder afectaría de manera grave la imagen de la empresa. Antes de ofrecer algo se deberá estar bien seguro de que realmente se es capaz de cumplirlo y no solo para un cliente, sino que se debe asegurar que la organización es capaz de producir lo suficiente como para poder atender una posible demanda elevada y que podrá hacerse de modo constante.
- Se deberán llevar a cabo investigaciones de la competencia ya que no basta con haber captado la atención del público, debe mantenerse siempre en la cabeza que todo siempre puede ser mejorado y superado, incluso la propia empresa, porque lo cual es necesario estar atentos acerca de la actividad de la competencia con el fin de mantener contentos a los clientes y establecer una relación comercial con ellos para que continúen siendo clientes de la empresa por mucho tiempo.
- La actividad publicitaria deberá evaluarse de forma constante, para en caso de ser necesario, tener la capacidad de corregir posibles deficiencias y evitar así perder clientes, tiempo, esfuerzo y dinero. Dicha evaluación deberá ser comparada con los objetivos que al inicio fueron estipulados, por ello la importancia de plantear estos objetivos al inicio siendo siempre realistas, alcanzables y medibles en pro de ser mejorados con el único objetivo de convertirlos en beneficios para la empresa.

9.6 Conclusiones

Aunque casi la mitad de los empresarios entrevistados poseen una carrera profesional y la mayoría sí ve a la publicidad como una actividad que les pueda ayudar a incrementar sus ventas, el “hacer la publicidad” no es un trabajo que se realice con suficiente racionalidad.

- Esto significa que la actividad se hace, pero no de una manera planeada. Por lo tanto, si no se planea, tampoco se evalúa. Pueden invertirse pocas o muchas cantidades de dinero, pero no se sabe si se hizo un gasto o una inversión. Esto puede ser grave.
- Por otro lado, un criterio muy utilizado para realizar la publicidad es el del dinero con que se cuenta. En la actualidad este dinero no es muy abundante dado el nivel de ventas que existe, entonces no se puede dedicar mucho recurso a la publicidad, aunque sea muy conveniente hacerlo.

- Esto puede dar pie a la instalación de otras MyPEs, aquellas que se dediquen a realizar de manera profesional toda una tarea publicitaria, conociendo la situación de las MyPEs clientes. Es decir, “agencias” que no sean tan “rimbombantes” ni muy grandes, con costos fijos no muy elevados, de modo que puedan una buena asesoría o consultoría en materia de publicidad con precios accesibles a aquellas compañías con recursos limitados.

Lista de referencias

- Fisher, L & Espejo, J. (2012a): *Mercadotecnia*. Editorial Mc Graw Hill, México.
- _____ (2012b): *Investigación de Mercados*. Editorial Servicio Express de Impresión, S.A de C.V., México.
- Kotler, P. (2010a): *Dirección de Marketing*. Editorial Prentice Hall, México.
- Kotler, P & Armstrong, G. (2010b): *Fundamentos de Marketing*. Editorial Prentice Hall, México.
- Kotler, P. (2010c): *El Marketing según Kotler*. Editorial Paidós, México.
- Lamb, C., Hair, J & Mc, D (2010): *Fundamentos de Marketing*. Editorial Internacional Thomson, México.
- Asociación de Profesionales de Medios. (2004). *Revista Mercados*.
- Stantos, E., & Walker (2011): *Fundamentos de Marketing*. Editorial Mc Graw Hill, México.
- Sistema de Información Empresarial Mexicano. (2009). Disponible en: <http://www.siem.gob.mx> Consultado en: *Indicadores de Publicidad*. En revista septiembre 01, 2009. Disponible en: www.spentamexico.org/revista.
- Zyman, S & Brott, A. (2012). *El fin de la Publicidad como la conocemos*. Editorial Mc Graw Hill, México.

Parte IV

Diseño experimental y análisis de materiales

- Cap. 10 Análisis del impacto mecánico de la adición de materiales reciclables en el concreto hidráulico y su desarrollo evolutivo
- Cap. 11 Análisis de la variación e identificación de causas raíz para mejorar el proceso productivo en una empresa petroquímica

Capítulo 10

Análisis del impacto mecánico de la adición de materiales reciclables en el concreto hidráulico y su desarrollo evolutivo

Rodolfo Barragán Ramírez¹

Marcos Alfredo Azuara Hernández²

Luis Jonás González del Ángel³

Rodolfo Garza Flores⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: mazuara@docentes.uat.edu.mx

Resumen

El exponencial aumento de contaminantes ha motivado a investigadores, a buscar alternativas de reciclaje, que ayuden a disminuir de una forma conveniente los residuos generados por las actividades humanas. En el campo de la ingeniería civil, esto ha llevado al estudio del comportamiento de diferentes materiales reciclables y/o orgánicos dentro del concreto, a fin de evaluar su factibilidad e impacto. El presente estudio analizó el comportamiento de un concreto hidráulico con cinco diferentes porcentajes de polietileno tereftalato (PET) reciclado graduado por el tamiz No. 4. Se obtuvieron 58 especímenes cilíndricos de 2" x 4" y vigas de 2"x2"x8" con una relación agua/cemento de 0.625. Los materiales fueron mezclados de forma homogénea y controlados en peso para asegurar la misma condición dentro de los especímenes. En los resultados se aprecia las diferencias entre la respuesta

¹ Doctor en Medio Ambiente, especialista en Residuos Sólidos. Integrante del CA en Transversalidad Ambiental. Líneas de interés e investigación: Residuos Sólidos y conciencia medio ambiental.

² Doctor especialista en concreto y materiales. Colaborador del CA en Transversalidad Ambiental.

³ Doctor en Medioambiente, especialista en desarrollo de modelos de educación ambiental para el fomento de conductas sustentables. Integrante del CA en Transversalidad Ambiental. Líneas de interés e investigación: educación y conciencia medio ambiental.

⁴ Doctor en Medioambiente, especialista medioambiente y desarrollo sustentable. Líder del CA en Transversalidad Ambiental.

de los diferentes diseños a pruebas de tensión y compresión respecto a las normas vigentes, obteniendo como resultado la dosificación óptima del PET.

Palabras clave: Concreto hidráulico • Materiales reciclados • PET

10.1 Introducción

La creciente necesidad del ser humano por encontrar un material de construcción “perfecto” ha llevado a la constante mejora de los materiales actuales. El polietileno tereftalato (PET) es uno de los principales materiales que causan mayor impacto al deterioro ecológico del planeta, por lo cual cada vez se busca más el uso de alternativas de reciclaje para disminuir el impacto de este (Suveda, 2012). Como se ha visto, en el concreto, se ha llevado el uso de aditivos, mejorando su desempeño. Se ha estudiado el uso de materiales reciclables dentro de la mezcla de concreto para observar su comportamiento y sus beneficios de uso.

En este trabajo se busca encontrar la proporción óptima del PET en el concreto de refuerzo en la que el PET muestra en conjunto con el concreto da mejor respuesta ante las pruebas de los especímenes (vigas y cilindros). En la última década se han realizado numerosas investigaciones sobre la utilización de productos de desecho en el concreto. Tales productos incluyen ceniza volante, llantas desechadas, pedazos de metal, arena quemada de fundición, vidrio, y fibras. Cada uno de los productos de desecho ha proporcionado un efecto específico a las propiedades del concreto fresco y endurecido. El uso de productos de desecho en el concreto no solo lo hace económico, sino también resuelve algunos de los problemas de la eliminación de desperdicios. Actualmente se están llevando a cabo investigaciones para determinar el efecto específico de cada producto de desecho a fin de utilizarlos en la industria de la construcción con mayor confianza. Un tipo de producto de desecho de la industria automotriz es el plástico fragmentado. La investigación presentada en este artículo estudia la posibilidad de usar en las mezclas de concreto pedazos de plástico obtenido de las defensas de los carros que desechan los consumidores. Hasta la fecha, nuestra búsqueda bibliográfica reveló que no se ha publicado ninguna información en esta área.

10.2 Fundamentos

Falta de propuestas para consolidar este tipo de mezclas utilizando el plástico reciclado como materia prima. Los polímeros son productos contaminantes del medio ambiente y no tienen propiedades biodegradables, sino que perduran en el tiempo, constituyéndose un problema para el medio ambiente.

Las botellas de plástico son las más rebeldes a la hora de transformarse. Al aire libre pierden su tonicidad, se fragmentan y se dispersan en un lapso de tiempo

muy elevado (100-1000 años). La mayoría está hecha de PET, un material duro de roer ya que es inmune a los diferentes tipos de microorganismos. Es por ello que estos elementos cuya materia prima es el PET, son mejores candidatos a ser sujetos al reciclaje, que en este caso se analizará su comportamiento dentro del concreto para determinar su comportamiento mecánico dentro de especímenes de éste. Los especímenes que se obtendrán serán vigas de 2"x2"x8" y cilindros de 2"x4", contribuyendo a controlar la contaminación ambiental producidas por las botellas de PET, materiales plásticos que no se degradan con facilidad, aportando una tecnología económica, de rápido aprendizaje, mínimo equipo y buenas condiciones de habitabilidad, uno de los factores que más reduce la actividad productiva en los sectores rurales, en general es el atraso de los pueblos por falta de iniciativas que permitan dar soluciones a corto plazo como las mezclas de cemento y plástico, que además de controlar la contaminación ambiental son más baratas y ofrecen un panorama de mayor estética.

10.3 Metodología

Estado del arte

Los aditivos se han empleado en el concreto y en los morteros desde hace mucho tiempo, sin embargo cada día surgen nuevos productos a medida que se presentan avances tecnológicos en la química de estas sustancias, por lo que cualquier clasificación de aditivos pudiera quedar obsoleta con el paso del tiempo. Al emplearse un aditivo se debe tomar en cuenta los efectos colaterales que pueden generar, los efectos colaterales pueden ser no deseables, aunque en ocasiones pueden aprovecharse correctamente si se está prevenido. La siguiente es una lista sugerida por el American Concrete Institute (ACI), incluye algunos de los usos que han tenido los aditivos en la industria de la construcción de estructuras de concreto:

1. Mejorar el tratamiento de las mezclas de concreto. El objetivo general es lograr que el concreto pueda ser transportado, colocado, vibrado y acabado sin problemas de segregación.
2. Acelerar la ganancia en resistencia a edades tempranas. Cualquiera que sea el motivo de carácter constructivo (descimbrado rápido por escasez de cimbra, urgencia por poner la obra en servicio, etc.), se busca en este caso lograr que el concreto gane resistencia rápidamente.
3. Aumentar la resistencia. Generalmente esto se logra reduciendo la relación agua-cemento (menos agua), sin detrimento en la consistencia de la mezcla.
4. Retardar o acelerar el fraguado inicial. Especialmente en climas extremos resulta benéfico el retrasar (clima caluroso), o acelerar (clima frío) el fraguado

inicial para dar el tiempo adecuado en los trabajos de colocación y acabado del concreto.

5. Retardar o reducir el calor de hidratación. Especialmente cuando las condiciones climáticas pueden incidir en la generación de un exagerado calor de hidratación y de un agrietamiento nocivo.

6. Modificación del tiempo de sangrado o la capacidad de sangrado. Los beneficios que se buscan están estrechamente relacionados con las técnicas de acabado y/o la uniformidad que se busca en la capa superficial de concreto.

7. Aumentar la durabilidad. Se busca en este caso que el concreto resista sin deterioro las inclemencias del tiempo (resistencia a la intemperie), esta protección se debe dar a los concretos que estarán al aire libre.

8. Control de la expansión producida por la reacción álcali-agregado.

9. Disminuir el flujo capilar del agua en el concreto.

10. Mejorar la impermeabilidad del concreto.

11. Fabricación de concreto celular. El aditivo favorece la creación de una estructura celular (porosa) que disminuye notablemente el peso volumétrico del material, reduce consecuentemente la resistencia del concreto.

12. Favorecer la bombeabilidad del concreto, la penetración en cavidades y la reducción del problema de segregación en los morteros para relleno (*grouts*).

13. Provocar ligeras expansiones compensadoras en el concreto, especialmente cuando se aplica en morteros que se emplean para el relleno de ductos en concreto preesforzado, en morteros para asentamiento y nivelación de maquinaria, o en todo tipo de rellenos de huecos en el concreto endurecido.

14. Aumento de adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo.

15. Aumento de adherencia entre el concreto viejo y el concreto nuevo.

16. Dar color al concreto o al mortero.

17. Inhibir la corrosión del acero de refuerzo.

18. Controlar el agrietamiento.

19. Favorecer los trabajos de acabado o texturizado en el concreto.

Para analizar el comportamiento de los materiales en función del PET se eligió elaborar diferentes mezclas y probetas, con el fin de obtener resultados sobre su comportamiento de forma más tangible. Para esto se elaboraron los siguientes diseños de mezcla:

- Mezcla N° 1 cemento, arena, agua.
- Mezcla N° 2 cemento, arena, agua y 0.5% de PET graduado por la malla N° 4
- Mezcla N° 3 cemento, arena, agua y 1.0% de PET graduado por la malla N° 4

- Mezcla N° 4 cemento, arena, agua y 1.5% de PET graduado por la malla N° 4
- Mezcla N° 5 cemento, arena, agua y 2.0% de PET graduado por la malla N° 4

Los materiales fueron mezclados de forma homogénea y controlados en peso para tratar de asegurar la igualdad de condiciones en los especímenes. Se le determinó contenido de humedad a las mezclas en general, masas volumétricas en estado fresco, masas volumétricas saturadas a especímenes endurecidos, porcentaje de absorción, esfuerzos de compresión a edades preestablecidas y deformaciones verticales. Estos valores se presentan a continuación en la Tabla 10.1.

Tabla 10.1 Valores obtenidos del análisis

Dosificación N°	Cemento Grs.	Arena Grs.	Agua Cm ³	PET Grs.	Humedad en mezcla %
1	3600.0	7200.0	2250.0	0.0	21.69
2	3600.0	7200.0	2250.0	65.0	18.56
3	3600.0	7200.0	2250.0	130.0	17.75
4	3600.0	7200.0	2250.0	195.0	14.69
5	3600.0	7200.0	2250.0	260.0	15.08



Figura 10.1 Especímenes obtenidos para investigación

Observación: Se consideraron pesos volumétricos del cemento = 1200 kg/m³, arena= 1320 kg/m³, agua= 1000 kg/m³; PET N° 4 en estado suelto = 320.0 kg/m³,

en estado semicompacto = 382.0 kg/m³. La fecha de elaboración de los especímenes fue el 18 de julio del 2017 con una temperatura ambiente de 32° y humedad relativa de 70%. Nota: Las pruebas mencionadas en la nota de observación fueron obtenidas en la primera investigación. De forma particular para cada una de las dosificaciones, se presenta a continuación la que corresponde a la formación de cemento, arena y agua. En la Figura 10.1 se muestran algunos de los especímenes diseñados para la investigación.

10.4 Resultados

Mezcla N° 1. La mezcla N° 1 presenta una evolución en cuanto a resistencia a compresión generada mayormente en los primeros 3 días (53%), a partir de ahí, a la edad de 7 días se incrementa a 79%; de 7 a 14 días evoluciona hasta 89%, generando un esfuerzo máximo promedio de 195 kg/cm² lo que corresponde al 100%. Los especímenes ensayados para determinar esfuerzos de flexión presentan la mayor contribución en los primeros 7 días (71%) incrementando un 27% de 7 a 14 días; los siguientes 14 días, a la edad de 28 días, tuvo un incremento de 2% (ver Tabla 10.2).

Tabla 10.2 Resultados de la Mezcla N° 1

Especímen N°	Edad en días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso Grs.	Carga Kg	Esfuerzo de flexión Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión Kg/cm ²
1	7	5.06	10.27	399.40	3250	---	161.62
2	7	5.08	10.25	400.51	3000	---	148.01
3	14	5.07	10.33	399.85	3600	---	178.32
4	14	5.05	10.37	400.33	3400	---	169.75
5	28	5.08	10.19	397.71	4000	---	197.35
6	28	5.08	10.25	400.70	3900	---	195.42
7	7	5.21	5.03	325.50	325.5	39.06	---
8	7	5.14	5.09	334.80	334.8	40.18	---
9	14	5.10	5.07	455.70	445.7	54.68	---
10	28	5.14	5.09	465.00	465.0	55.80	---

Mezcla N° 2. El máximo esfuerzo a compresión obtenido para esta mezcla corresponde a 219 Kg/cm² el cual se presentó en un periodo de 28 días. Es importante observar que parte del desarrollo o evolución de la resistencia se presentó mayormente en los primeros 7 días (88%); hasta la edad de 14 días, su comportamiento de resistencia en esfuerzos de compresión no registra evolución; es hasta la edad de 28 días en donde se registra la ganancia del 12% restante. De igual forma, los esfuerzos a flexión presentan su mayor ganancia en los primeros 7 días, período en el cual registró 48Kg/cm² de los 58Kg/cm² que se obtuvo a la edad de 28 días (ver Tabla 10.3)

Tabla 10.3 Resultados de la Mezcla N° 2

Espécimen N°	Edad en días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso Grs.	Carga Kg	Esfuerzo de compresión Kg/cm ²	Esfuerzo de flexión Kg/cm ²	Humedad de prueba %
11	7	5.10	10.15	432.15	3950	193.36	---	14.02
12	7	5.08	10.24	429.76	3800	187.48	---	14.25
13	14	5.12	10.21	433.38	4000	194.28	---	14.60
14	14	5.09	10.25	433.02	3800	186.75	---	15.32
15	28	5.08	10.17	436.41	4450	219.55	---	16.76
16	28	5.09	10.18	437.11	4300	211.32	---	16.59
17	7	5.27	5.05	---	392	---	47.04	14.10
18	7	5.35	5.06	---	416	---	49.92	14.00
19	14	5.06	5.00	---	446	---	53.52	14.48
20	14	5.15	5.06	---	442	---	53.04	14.81
21	28	5.30	5.15	---	487	---	58.44	16.48
22	28	5.43	5.10	---	494	---	59.28	16.11

Mezcla N° 3. En la mezcla N°3, la cual corresponde a la adición de 1.0% de PET tamizado por la malla N° 4, se registra un esfuerzo máximo de compresión de 198 Kg/cm², obteniéndose en los primeros 7 días el 83% de dicho esfuerzo; a la edad

de 14 días solo aumenta un 3% de lo que representa el máximo esfuerzo registrado, por lo que podemos decir que, al igual que en la mezcla N° 2, los especímenes prácticamente no muestran evolución a la edad de 14 días; a la edad de 28 días los especímenes aumentan el 14% de la resistencia, alcanzando el máximo esfuerzo mencionado anteriormente.

El esfuerzo máximo de flexión para esta mezcla corresponde a 57 Kg/cm², los cuales se obtuvieron en su mayoría en los primeros 7 días (77%); correspondiendo 44 Kg/cm² a la edad de 7 días y 54 Kg/cm² a los 14 (ver Tabla 10.4).

Tabla 10.4 Resultados de la Mezcla N° 3

Especímen N°	Edad en días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso Grs.	Carga Kg	Esfuerzo de compresión Kg/cm ²	Esfuerzo de flexión Kg/cm ²	Humedad de prueba %
23	7	5.09	10.16	428.84	3300	162.18	---	14.15
24	7	5.07	10.09	424.96	3350	165.94	---	14.24
25	14	5.08	10.16	429.95	3500	172.68	---	15.17
26	14	5.08	10.10	429.86	3400	167.75	---	15.05
27	28	5.08	10.08	430.95	3800	187.48	---	16.91
28	28	5.06	10.08	428.50	4000	198.92	---	16.93
29	7	5.20	5.04		372	---	44.64	14.18
30	7	5.31	5.00		367	---	44.04	14.20
31	14	5.34	5.04		456	---	54.72	14.48
32	14	5.41	5.04		451	---	54.12	15.02
33	28	5.45	5.05		474	---	56.88	16.54
34	28	5.40	5.06		479	---	57.48	16.62

Mezcla N° 4. El máximo esfuerzo a compresión obtenido para esta mezcla corresponde a 201 Kg/cm² el cual se presentó en un periodo de 28 días. Esta mezcla sigue el comportamiento ya mencionado anteriormente, el cual registra la

mayor ganancia a la edad de 7 días, en este caso fue de 77%, a partir de ahí, a la edad de 14 días solo registra un aumento de 6%; el 17% restante lo alcanza hasta la edad de 28 días.

De igual forma, los esfuerzos a flexión presentan su mayor ganancia en los primeros 7 días, período en el cual registró 45Kg/cm² de los 50 Kg/cm² que se obtuvo a la edad de 28 días (ver Tabla 10.5).

Tabla 10.5 Resultados de la Mezcla N° 4

Espécimen N°	Edad en días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso Grs.	Carga Kg	Esfuerzo de compresión Kg/cm ²	Esfuerzo de flexión Kg/cm ²	Humedad de prueba %
35	7	5.08	10.14	425.95	3100	152.95	---	14.11
36	7	5.10	10.10	427.34	3250	159.09	---	14.24
37	14	5.13	10.15	427.43	3450	166.91	---	15.22
38	14	5.08	10.14	429.53	3400	167.75	---	15.02
39	28	5.07	10.16	429.51	3900	193.18	---	16.61
40	28	5.03	10.18	425.86	4000	201.30	---	17.02
41	7	5.38	4.81	---	372	---	44.64	14.17
42	7	5.26	5.13	---	386	---	46.32	14.09
43	14	5.29	4.80	---	398	---	47.76	14.20
44	14	5.28	4.77	---	396	---	47.52	14.59
45	28	5.42	4.80	---	426	---	51.12	16.34
46	28	5.32	4.77	---	414	---	49.68	16.41

Mezcla N° 5. El esfuerzo máximo de compresión registrado para esta mezcla es de 198 Kg/cm², la deformación máxima registrada es de 2.20 mm y su esfuerzo a la flexión es de 50 Kg/cm². Se determinó la humedad en cada uno de los especímenes, las humedades oscilan entre 14 a 17% en el período de 28 días de prueba (ver Tabla 10.6).

Tabla 10.6 Resultados de la Mezcla N° 5

Espécimen N°	Edad en días	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso Grs.	Carga Kg	Esfuerzo de compresión Kg/cm ²	Esfuerzo de flexión Kg/cm ²	Humedad de prueba %
47	7	5.08	10.10	425.42	3000	148.01	---	14.31
48	7	5.10	10.16	426.21	3250	159.09	---	14.08
49	14	5.09	10.09	424.67	3450	169.55	---	14.89
50	14	5.17	10.62	458.77	3550	169.11	---	15.18
51	28	5.06	10.12	426.12	3800	188.97	---	16.86
52	28	5.06	10.15	425.55	4000	198.92	---	16.83
53	7	5.28	5.11	---	372	---	44.64	14.19
54	7	5.22	4.80	---	363	---	43.56	14.25
55	14	5.34	4.81	---	386	---	46.32	14.32
56	14	5.16	5.08	---	381	---	45.72	14.59
57	28	5.16	5.05	---	414	---	49.68	17.20
58	28	5.21	5.07	---	428	---	51.36	16.85

Un simple análisis estadístico muestra que tanto el contenido porcentual de PET como la edad en días son significativos para el esfuerzo de flexión y para el esfuerzo a la compresión. La Gráfica 10.1 muestra las gráficas de efectos principales para las tres variables de respuesta: esfuerzo de flexión, esfuerzo de compresión y humedad.

Analysis of Variance for Esfuerzo Flexión, using Adjusted SS for Tests

Source DF Seq SS Adj SS Adj MS F P
 % PET 4 63184 59301 14825 361.65 0.000
 Edad (días) 2 4959 4959 2479 60.48 0.000
 Error 21 861 861 41
 Total 27 69003

S = 6.40257 R-Sq = 98.75% R-Sq(adj) = 98.40%

Analysis of Variance for Esfuerzo Compresión, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% PET	4	75207	75207	18802	403.54	0.000
Edad (días)	2	1159	1159	580	12.44	0.000
Error	23	1072	1072	47		
Total	29	77438				

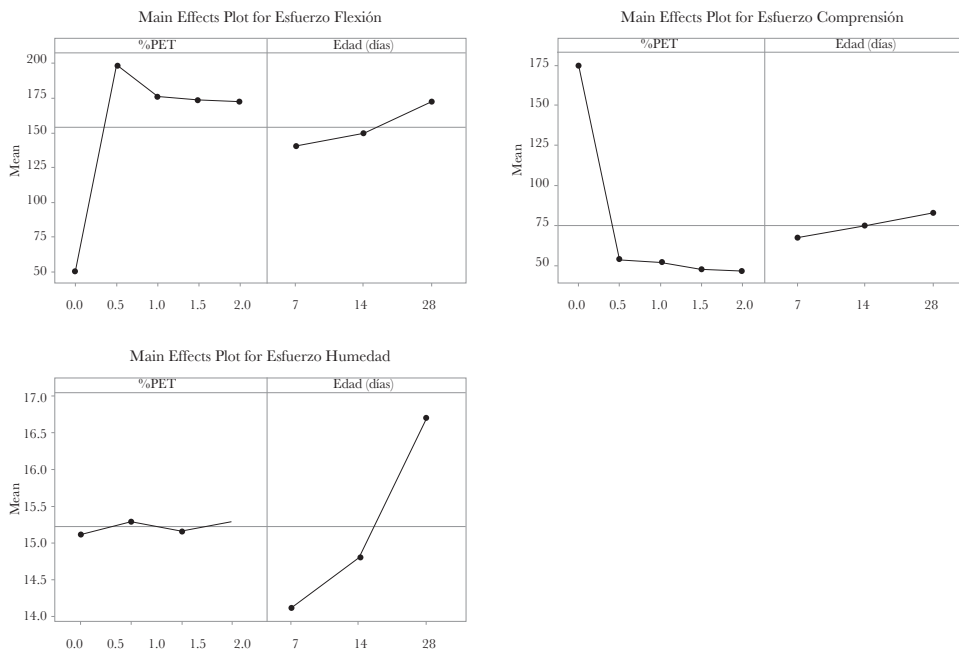
S = 6.82583 R-Sq = 98.62% R-Sq(adj) = 98.26%

Analysis of Variance for Humedad, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
% PET	3	0.266	0.266	0.089	1.31	0.285
Edad (días)	2	55.274	55.274	27.637	407.52	0.000
Error	42	2.848	2.848	0.068		
Total	47	58.389				

S = 0.260419 R-Sq = 95.12% R-Sq(adj) = 94.54%

Gráfica 10.1 Gráficas de efectos principales para las variables de respuesta

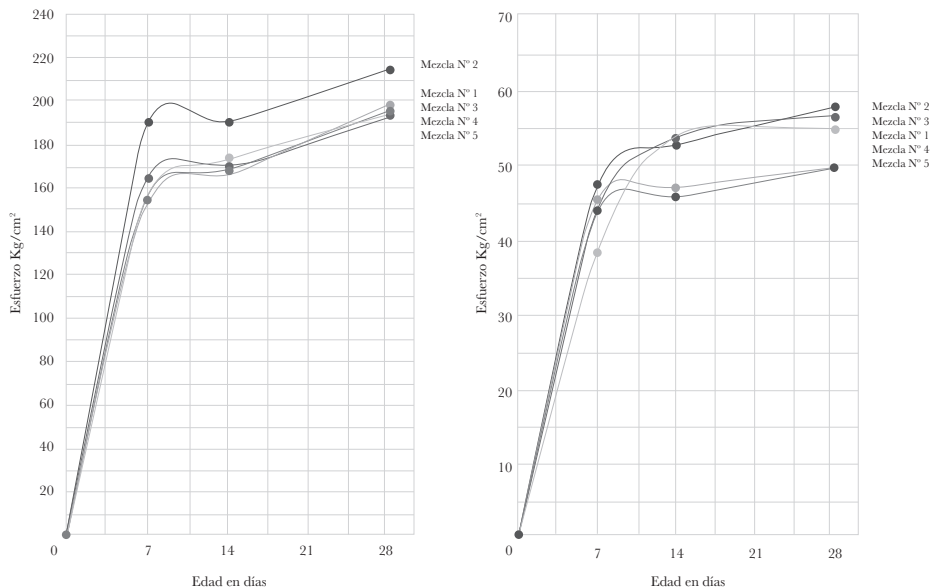


10.5 Discusión

Durante el proceso y elaboración de la mezcla para la formación de especímenes se realizaron 5 dosificaciones las cuales se designaron como N° 1, 2, 3, 4 y 5 observándose un comportamiento normal en el proceso de fraguado y pérdida de plasticidad para las 5 mezclas, es decir, se presentó endurecimiento en un lapso de 2 horas. El peso volumétrico de la mezcla N° 1 corresponde a 2.076 t/m^3 , mientras que para la Mezcla N° 2 se presenta en 2.088 t/m^3 , la masa volumétrica de la mezcla N° 3 es de 2.086 t/m^3 ; 2.068 t/m^3 en la mezcla N° 4 y 2.065 t/m^3 en la mezcla N° 5.

Las muestras de la mezcla N° 1 arrojan un promedio de esfuerzo a la compresión de 195 Kg/cm^2 mientras que en la flexión se tiene 55 Kg/cm^2 , los especímenes de la mezcla N° 2 muestran esfuerzos promedios a la compresión de 190 Kg/cm^2 y esfuerzos a flexión de 48 kg/cm^2 ; los especímenes de la mezcla N°3 presentan esfuerzos promedio de compresión de 164 Kg/cm^2 y 44 Kg/cm^2 a flexión; en la mezcla N° 4 los esfuerzos son de 155 Kg/cm^2 y 45 Kg/cm^2 a flexión; en el caso de la Mezcla N°5, la cual corresponde a la adición de 2.0% de PET, los esfuerzos de compresión se encuentran en el orden de 155 Kg/cm^2 , mientras que los esfuerzos a flexión son de 44 Kg/cm^2 .

Gráfica 10.2 Evolución de las muestras de concreto a compresión y flexión en días



Valores de esfuerzo a la compresión

Los especímenes de la mezcla N° 1 presentan un esfuerzo promedio del orden de 175 Kg/cm² y una deformación de 1.3 mm. Para la mezcla N° 2 correspondiente a la adición de 0.5% de PET tamizado por la malla N° 4 se presenta un esfuerzo de 191 Kg/cm² con una deformación promedio de 1.50 mm. En el caso de la mezcla N° 3, a la edad de 14 días, se presenta un esfuerzo de 170.0 Kg/cm² con una deformación promedio de 1.60 mm, para este caso, los esfuerzos a flexión se encuentran en el orden de 54 Kg/cm². La mezcla N° 4 correspondiente a los especímenes con 1.5% de PET, los cuales presentan un esfuerzo promedio a la compresión a la edad de 14 días de 167 Kg/cm², las deformaciones verticales se encuentran registradas en el orden de 1.25 mm, el esfuerzo a la flexión se presenta en 47 Kg/cm². En el caso de la mezcla N° 5, los especímenes muestran resistencias a la compresión en el orden de 169 Kg/cm², los esfuerzos a flexión son de 46 Kg/cm².



Figura 10.2 Ensayo de especímenes



Figura 10.3 Especímenes muestreados

Las muestras de la mezcla N° 1 arrojan un promedio de esfuerzo a la compresión de 195 Kg/cm² mientras que en la flexión se tiene 55 Kg/cm²; para el caso de los especímenes con 0.5% de PET, los esfuerzos a compresión a la edad de 28 días se encuentran en el orden de 215 Kg/cm², se registran deformaciones verticales en el orden de 1.50 mm y esfuerzos a la flexión de 58 Kg/cm²; los especímenes correspondientes a la mezcla N° 3 presentan esfuerzos de compresión de 193 Kg/cm², mientras que los de flexión están en el orden de 57 Kg/cm²; en el caso de los especímenes con 1.5% de PET, los esfuerzos a compresión son de 197 Kg/cm², deformaciones de 1.75 mm y esfuerzos a la flexión de 50kg/cm²; en el caso de la mezcla N° 5, se presentan esfuerzos a compresión en el orden de 195 Kg/cm², deformaciones verticales de 1.9 mm y esfuerzos a la flexión de 50 Kg/cm². En la Figura 10.1 se muestra los especímenes muestreados. Para la aplicación de carga se utilizó una Máquina Universal Marca FORNEY modelo LT-1150, la cual cuenta

con diferentes rangos de capacidad de carga utilizándose en este caso el de 30 000 con apreciación mínima de 50 kg, un marco de carga marca ALCON con capacidad de 4.5 ton con apreciación de 5kg y un marco de carga SOILTEST con capacidad de 3 ton con una resolución de 4.6 Kg.

Lista de referencias

- Páez, D., & Pereira, H. (2001). *Estudio del ahuellamiento de mezclas asfálticas*. XIII Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Universidad de Los Andes, Bogotá.
- ASOPAC (2002), *Diseño de materiales de construcción*. Informe técnico. Bogotá.
- CORAL, L (2003). *Materiales constructivos alivianados*. Trabajo de Grado. Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes.
- Ávila Córdoba, L.I., Martínez-Barrera, G., Barrera-Díaz, C.E., Ureña Nuñez, F., & Loza Yáñez, A. (2015). PET de desecho y su uso en concreto. En Martínez Barrera, G., Hernández Zaragoza, J.B., López Lara, T., & Menchaca Campos, C. (Eds.). *Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción*. Barcelona, España: *OmniaScience*. pp. 95-122.
- Yun Wang, Ch., Dae Joong, M., Yong Jic, K., & Mohamed, L. (2009). Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles. *Construction and Building Materials*, 23(8), 2829-2835.
- Wang-Choi, Y., Dae-Joong, M., Jee-Seung, Ch., & Sun-Kyu, Ch. (2005). *Effects of waste PET bottles*.
- Colobraró, R., 2002, *Hormigón reforzado con fibras de polipropileno*, p.p 1. Recuperado [1 de diciembre, 2003] de la Red Mundial de Información [http:// www.ingenieriaest.iese.edu.ar/investigacion/11-HormigonReforzado.htm](http://www.ingenieriaest.iese.edu.ar/investigacion/11-HormigonReforzado.htm). aggregate on the properties of concrete. *Cement and Concrete Research*, 35, 776-781.
- ASTM, (1991). *Standard Specifications for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete*, ASTM C 1116- 91. Asociación Americana para Ensayo de Materiales (ASTM).
- Siddhartha, Suveda, A., Kapil, D., Suresh-Kumar, R., Krishna, J.B., & Wahab, M.A. (2012). Effect of gamma radiation on the structural and optical properties of Polyethylene terephthalate (PET) polymer. *Radiation Physics and Chemistry*, 81(4), 458-462.
- San-José, J.T., Vegas, I., & Ferreira, A. (2005). Reinforced polymer concrete: Physical properties of the matrix and static/dynamic bond behaviour. *Cement and Concrete Composites*, 27, 934-944.

Capítulo 11

Análisis de la variación e identificación de causas raíz para mejorar el proceso productivo en una empresa petroquímica

René Tinoco Mendiola¹
Enrique Bermea Barrios²
Federico Gamboa Soto³
Mónica Mongenyip Vela⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: rtinoco@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Una señal de que se ha detectado una causa especial de variación o ha habido un cambio especial en el proceso se manifiesta cuando un punto cae fuera de los límites de control en una representación gráfica del proceso o cuando los puntos graficados en una carta siguen un comportamiento no aleatorio que da como resultado un comportamiento atípico. El propósito de este estudio es identificar patrones de comportamiento no aleatorios para identificar las causas de la variación. Las causas de la variación en un proceso de envasado pueden ser muchas, desde la introducción de nuevos trabajadores, maquinas, materiales, métodos o formas de inspección, puede deberse también al deterioro gradual del equipo, al desgaste de las herramientas, a la acumulación en tuberías, al calentamiento de máquinas, a las habilidades de un operario o a la fatiga, a los diferentes proveedores, a la rotación de máquinas u operarios, al sobreajuste del proceso o a la manipulación de los datos. Un proceso productivo fuera de control estadístico puede seguir produciendo, pero

¹ Maestro en Educación, especialista en Sistemas de Calidad.

² Estudiante de Doctorado en Ciencias de la Computación. Colaborador del CA Productividad y Optimización.

³ Especialista en ergonomía y estudio del trabajo.

⁴ Maestra en Administración Industrial, especialista en temas de manufactura.

identificar las causas de la variación para corregirlas es el potencial del empleo de las herramientas estadísticas. Para este estudio se realizó un muestreo del producto en sacos de 25 kg. de resina de policloruro de vinilo PVC, para identificar las causas de la variación de este proceso con el empleo de cartas de control y la eficiencia que éste tiene, el resultado obtenido con los índices de capacidad refieren un proceso adecuado pero que requiere de un control estricto con una eficiencia del 99.18 %.

Palabras clave: Calidad • Eficiencia • Variación

11.1 Introducción

En el presente proyecto de investigación se realizó un análisis estadístico para medir el índice de capacidad del proceso en una empresa petroquímica de compuestos en planta Altamira. Se realizó un muestreo del producto en proceso, el cual consta de sacos de 25 kg de resina de PVC, se tomaron mediciones comparándolas con las especificaciones, las cuales fueron establecidas en el diseño del producto. Después se emplearon algunas herramientas estadísticas para determinar el índice de capacidad como son el índice de capacidad C_p e índice de capacidad real C_{pk} , obteniendo con estos resultados sobre la eficiencia del proceso de producción de compuestos planta Altamira.

El propósito de este estudio es identificar patrones de comportamiento no aleatorios para identificar las causas de la variación que deban ser atendidas y calcular la eficiencia de esta planta industrial con índices de capacidad. El supuesto es que la capacidad del proceso en la planta de compuestos Altamira no es mayor al 90% en su rendimiento total. Las causas de la variación en un proceso de envasado pueden ser muchas, desde la introducción de nuevos trabajadores, maquinas , materiales, métodos o formas de inspección, puede deberse también al deterioro gradual del equipo, al desgaste de las herramientas, a la acumulación en tuberías, al calentamiento de máquinas, a las habilidades de un operario o a la fatiga, a los diferentes proveedores, a la rotación de máquinas u operarios, al sobreajuste del proceso o a la manipulación de los datos. El propósito de este estudio es identificar patrones de comportamiento no aleatorios para identificar las causas de la variación para corregirlas. Para interpretar los resultados de la posible variabilidad en el proceso (Gutiérrez y de la Vara, 2004) se deben identificar algunos patrones de comportamiento del proceso no aleatorios, como cambios de nivel, tendencias, ciclos recurrentes, etc.

11.2 Fundamentos

Una vez definido desde el punto de vista de la calidad a través de sus especificaciones, el producto o servicio que queremos obtener, es necesario obtener una alta calidad de conformidad (Carot, 2001). Para ello nos enfocamos en tres áreas principales: el control estadístico de procesos, el diseño de experimentos y (en menor importancia)

el muestreo de aceptación (Montgomery, 2004). Cuando se utilizan graficas de control de variables, hay dos medidas importantes: la tendencia central y la dispersión (Wiley, 2002).

El objetivo básico de una carta de control es el de observar y a su vez analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo (Gutiérrez y De la Vara, 2004). En Altamira, Tamaulipas existen 25 plantas industriales de escala mundial, con una capacidad instalada superior a 3.0 millones de t/año y en promedio una exportación del 50% de la producción con una comercialización a 55 países en los cinco continentes.

La Tabla 11.1 muestra la capacidad instalada y el porcentaje de participación en la producción nacional, la inversión estimada es superior a los 4000 millones de dólares y generan más de 10 000 empleos, siendo líder nacional en producción y exportación de: hules sintéticos, negro de humo, resinas termoplásticas, pigmento blanco, DMT, polipropileno, ABS, PVC. Entre los muy diversos productos y servicios, la industria de Altamira administra recursos como sílica precipitada, energía eléctrica, vapor, gases industriales, perfiles impermeabilizantes, papel sanitario, servilletas, administración portuaria, inmobiliaria, terminales marítimas, gas natural, embotelladoras, plásticos, hoteles y agencia de viajes. Y la industria petroquímica en particular productos que serán materia prima de siguientes procesos, tales como, hule sintético, negro de humos, pigmentos, ácido tereftálico, bióxido de titanio, resinas PET, poliestireno, polipropileno, copolímeros, PVC entre otros, que deben ser controlados con herramientas estadísticas y analizados e interpretados para su mejora.

Tabla 11.1 Petroquímica Altamira en el país

Presencia de Altamira en la Petroquímica Nacional		
Productos	Cap. Instalada miles t/año	% prod. Nacional
Hule Sintético	215	100
Ácido Tereftálico	1 000	65
Negro de Humo	140	100
Bióxido de Titanio	140	100
Copolímeros ABS/SAN	180	100
Resina PET	530	45
Poliestireno	340	65
Polipropileno	700	100
P.V.C.	560	85

11.3 Metodología

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo ya que es secuencial y probatorio, debido a que se realizará mediante la recolección de datos y análisis de los mismos que afectan la calidad en el área de envasado. El alcance de esta investigación es del tipo descriptivo, se seleccionan factores (variables) y son medibles para poder describir lo que se está investigando (Hernández et al., 2010).

Tabla 11.2 Categorías, variables e indicadores

Categorías	VARIABLES	Indicadores	Items
Control estadístico de un proceso de producción	Niveles de control	Especificaciones: Peso por unidad de producto Tolerancias	Cartas de control X-R:
	Efectividad del proceso	Capacidad total de producción	Índice de capacidad total Cp, Cpk
	Factores de desempeño de productividad	Calidad y cantidad de la materia prima	Fórmula del producto

Las variables a considerar según la Tabla 11.2 son los niveles de control y la efectividad del proceso, para realizar un buen análisis estadístico es recomendable ajustar la frecuencia como el tamaño de muestra en el monitoreo o control del proceso. Para ello es utilizada la tabla 11.3 de muestreo de aceptación para variables Military Standard 414. La cual se maneja de la siguiente forma.

Tabla 11.3 Military std 414

Población	Muestra
60 - 300	10%
301 - 1000	5%
1001 - 5000	2%
Más de 5000	1%

Para este estudio la población aproximada es de 14 917 costales de 25 kg de producto terminado (resina de PVC.) atendiendo la Tabla 11.3, el 1% de la muestra deberá ser de 149 sacos, para un tratamiento de los datos se decidió por una muestra de 168 sacos. En la hoja de recolección siguiente, Tabla 11.4 se observa el instrumento para obtener muestras con los datos reunidos.

Tabla 11.4 Hoja de recolección para muestreo con valores de promedios y rangos

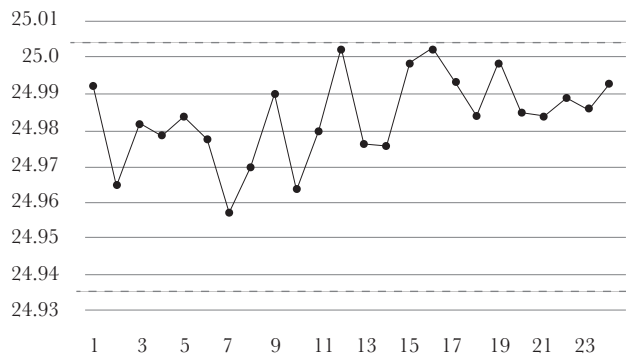
No de Muestra	Observaciones							-	-
	Horas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
1	24.982	24.987	25.007	24.999	24.998	24.987	24.984	24.992	0.025
2	24.865	24.983	24.987	25	24.983	24.934	25	24.9646	0.135
3	24.934	24.999	24.965	25.056	24.934	25	24.987	24.9821	0.122
4	24.988	24.962	25.023	24.965	25	24.987	24.924	24.9784	0.099
5	24.932	25.001	24.934	24.999	24.965	24.956	25.098	24.9836	0.166
6	24.999	25.01	24.988	24.999	24.981	24.934	24.934	24.9779	0.076
7	24.947	24.982	24.976	24.978	24.984	24.923	24.912	24.9574	0.072
8	24.945	24.988	24.999	24.934	24.988	24.999	24.933	24.9694	0.066
9	24.978	24.999	24.988	24.999	25.014	24.961	24.988	24.9896	0.053
10	24.899	24.985	24.899	25	24.988	24.973	24.999	24.9633	0.101
11	24.977	24.956	24.999	25	24.998	24.956	24.965	24.9787	0.044
12	24.999	24.987	25	25.056	24.999	24.982	24.999	25.0031	0.074
13	24.998	24.977	24.977	25.011	24.996	24.913	24.965	24.9767	0.098
14	24.987	25.012	24.976	24.944	24.965	25	24.947	24.9759	0.068
15	25.002	24.934	24.987	24.998	24.987	25.009	25.076	24.999	0.142
16	24.999	25.033	24.999	24.987	25.012	25	24.987	25.0024	0.046
17	24.978	24.999	25	24.999	24.998	24.985	25	24.9941	0.022
18	24.999	24.967	24.988	24.999	24.932	24.999	25.004	24.984	0.072
19	24.988	24.999	24.999	24.965	25	24.945	25.099	24.9993	0.154
20	24.912	24.978	25.098	24.945	24.954	24.999	25.012	24.9854	0.186
21	25	24.998	25	25.013	24.999	24.924	24.954	24.984	0.089

No de Muestra	Observaciones								-	-
22	24.989	24.987	24.999	24.978	24.987	24.994	24.987	24.9887	0.012	
23	24.976	24.998	24.987	24.999	24.999	24.977	24.966	24.986	0.033	
24	25.098	25	24.934	24.987	25.001	24.988	24.945	24.9933	0.164	
Promedios de promedios y de rangos =								24.9837	0.08829	

11.4 Resultados

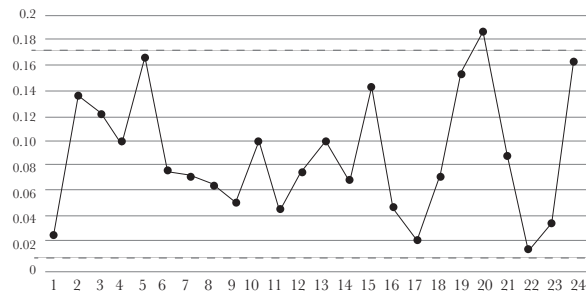
Una vez establecidos los límites de control se graficó la carta de control para promedios \bar{X} , mostrados en la gráfica 11.1:

Gráfica 11.1 Carta de control de promedios \bar{X}



Todos los promedios de las 24 muestras caen dentro de los valores de tolerancia marcados por los límites de control, ninguno está fuera de especificaciones de calidad.

Gráfica 11.2 Carta de control de rangos R



El punto fuera de los límites en el rango puede deberse a cambios en el nivel del proceso, el cual refiere a un patrón de comportamiento atípico.

11.5 Conclusiones

Para conocer la capacidad de este proceso se debe calcular el índice de capacidad, para conocer si el proceso es capaz o funciona inadecuadamente. (Gutiérrez, 2002)

Índice de Cp, Índice de Capacidad

$$Cp = \frac{ES-EI}{6\sigma} \quad (1)$$

Para la cual el valor de sigma, se obtiene a partir de:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{D_2} \quad (2)$$

Resolviendo en la ecuación 1 el valor de Cp=1.0209

El promedio de los rangos se obtiene en la tabla 11.5 y el valor correspondiente a D2 en el anexo de este trabajo de investigación, el corresponde a 3.407.

Tabla 11.5 Factores para la construcción de las cartas de control

Tamaño de la muestra	Carta X	Carta R		Estimación de σ
N	A_2	D_3	D_4	D_2
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078

Tamaño de la muestra	Carta X	Carta R		Estimación de
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.609	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

Tabla 11.6 Valores de Cp y su interpretación [3]

Valor del Cp	Proceso	Decisión
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$C_p > 1.33$	1	Más que adecuado
$1 < C_p < 1.33$	2	Adecuado pero requiere control
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado, pero se puede corregir
$C_p < 0.67$	4	No adecuado, requiere modificaciones serias

Para que un producto elaborado por un proceso se pueda considerar de calidad, las mediciones de cierta característica o parte de la misma deben ser iguales a cierto valor nominal o ideal, o al menos tienen que estar dentro de cierta especificación inferior y superior, entonces una medida de la capacidad potencial del proceso para cumplir con tales especificaciones la da el índice de capacidad del proceso. De acuerdo con la tabla 11.8, de los valores críticos de los índices de capacidad que se encuentra en ella, el proceso es el adecuado aunque requiere algo de control, $C_p=1.0209$. Mientras que en la tabla 11.5, se traduce el valor del índice

en porcentaje de artículos que no cumplieron con especificación y la cantidad de partes defectuosas por millón de oportunidad (D.P.M.O).

Tabla 11.7 Valores en sigma

Valor del índice	% Fuera de especificación	D.P.M.O
0.2	22.66	226628
0.5	6.68	66807
0.6	3.59	35931
0.7	1.79	17865
0.8	0.82	8198
0.9	0.35	3467
1	0.135	1350
1.1	0.048	484
1.2	0.016	159
1.3	0.005	48
1.4	0.0014	14
1.5	0.0004	4

Índice C_{pk} , Índice de Capacidad Real

$$C_{pk} = \text{Minimo} \left[\frac{5}{3\sigma}, \frac{10}{3\sigma} \right] \quad (3)$$

$$C_{pk} = \text{Minimo} \left[\frac{5}{3\sigma}, \frac{10}{3\sigma} \right]$$

Se selecciona el valor mínimo, 5 en este caso y se prosigue despejando la formula. Resolviendo la ecuación 3 el valor C_{pk}=0.858. Con este valor de C_{pk} de 0.85 se observa en la tabla 11.8, que los sacos de resina de PVC ensacados en presentación de 25 kg tienen un 0.82% de producto fuera de especificación, lo que se traduce en 8198 productos defectuosos por millón de oportunidad. Interpolando para mayor precisión 0.85 deberá tener en tabla 0.58% de producto fuera de especificación, lo

que se traduce en 5832 productos defectuosos por millón de oportunidad. Con el último indicador de capacidad real que fue analizado el proceso, la empresa deberá tener un rendimiento en el ensacado aproximado al 99.5% de efectividad, por lo tanto el proceso requerirá de poco control para mantenerlo cumpliendo con las especificaciones deseadas y ser un proceso de clase mundial. Las causas de la variación que se observa en la gráfica 2 un punto fuera de los límites están relacionadas con las siguientes fuentes, la introducción de nuevos trabajadores, maquinas, materiales, métodos o formas de inspección, lo que puede producir cambios en el nivel del proceso. Cuando el cambio en el nivel favorece a las especificaciones debe entonces procurarse. Este cambio en particular deberá evitarse ya que se trata de variación por arriba de la especificación superior, se está ensacando con producto de más, las fuentes de variación identificadas en esta línea de producción son el desajuste de las máquinas y el método para operarlas, requiriendo para ello, reprogramación de mantenimiento y capacitación en el método para operarios.

Lista de referencias

- Gutiérrez Pulido, H., & Salazar, V. (2004). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Mc Graw Hill. México.
- Vicente, C. A. (2001). *Control estadístico de la Calidad*. México: Editorial Alfaomega. México.
- Montgomery, D. C., & García, R. P. (2004). *Control estadístico de la calidad* (No. 658.562 M66 2004.). Limusa Wiley.
- Wiley, J. (2002). *Control de calidad*, Limusa, Primera edición, México.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, L., & María, P. (2010). *Metodología de la investigación*. 2010. México, 5, 235-236.
- Gutiérrez, H. (2002). *Calidad total y productividad*, Mc Graw Hill, Primera edición, México.

Parte V

Desarrollo sustentable

- Cap. 12 Mapeo y estimación de residuos de electrodomésticos voluminosos en Tampico, Tamaulipas
- Cap. 13 La huella de carbono y alternativas de mitigación: Sector transporte en Tamaulipas, México
- Cap. 14 La importancia de la conciencia ambiental y la conducta sustentable y las barreras contextuales para la formulación de modelos de educación pro ambiental

Capítulo 12

Mapeo y estimación de residuos de electrodomésticos voluminosos en Tampico

Roberto Bautista García¹
José Francisco Cantú Dávila²
Homero Salas Papayonopolos³
Oscar Laureano Casanova⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: rbautista@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Actualmente la producción de aparatos electrónicos constituye el sector de mayor crecimiento de la industria manufacturera en los países desarrollados, México es el país más competitivo del mundo en términos de costos de manufactura, los cuales son alrededor de un 25% más bajos que los de Estados Unidos (Villarreal, R., & de Villarreal, R. R., 2001). La innovación tecnológica y la globalización del mercado contribuyen al proceso vertiginoso de sustitución o desecho de estos productos, lo cual genera, anualmente, toneladas de residuos electrónicos en el mundo, incluido México (Guzmán, A., & Toledo, A., 2005). El factor de contaminación no solo incluye a los residuos al final de la vida útil del electrodoméstico, sino también a las piezas que se desechan en el caso del mantenimiento correctivo; paralelamente, se ha incrementado la percepción pública en relación con el manejo inadecuado y la posible toxicidad de los desechos electrónicos. El presente trabajo tiene el objetivo de construir un mapa de la generación de los REV (Residuo Electrónico Voluminoso), los cuales son un subgrupo de los RAEE (Residuos de Aparatos

¹ Candidato a Doctor en Medioambiente.

² Doctor en Medioambiente. Colaborador del CA Transversalidad Ambiental.

³ Doctor en Ciencias Químicas.

⁴ Doctor en Ingeniería de Procesos, especialista en medición del desempeño e integrante del CA Productividad y Optimización.

Eléctricos y Electrónicos) en el municipio de Tampico, Tamaulipas, así como realizar una estimación de la generación de los REV a futuro con un modelo de pronóstico simple, información que puede servir al municipio para establecer políticas operadas a través de planes, proyectos o programas que conlleven a un mejor manejo de este tipo de residuos.

Palabras clave: Residuos electrónicos • Logística inversa • Sustentabilidad

12.1 Introducción

México es una de las economías más abiertas del mundo, ya que su comercio internacional es equivalente al 58% del PIB y representa más del 40% del comercio total de América Latina (Alix Partners, 2010) paralelamente la producción de aparatos electrónicos constituye el sector de mayor crecimiento de la industria manufacturera en los países desarrollados, México es el país más competitivo del mundo en términos de costos de manufactura, los cuales son alrededor de un 25% más bajos que los de Estados Unidos (Global Trade Atlas, 2013)

El sector de electrodomésticos en México tiene capacidad de proveeduría en algunos procesos e insumos necesarios para la manufactura, tales como: aisladores eléctricos, aisladores térmicos, cables y arneses, transformadores, tratamientos superficiales, entre otros. (ProMéxico). Por lo cual el factor de contaminación no solo el electrodoméstico, sino también las piezas que se desechan en el caso del mantenimiento correctivo; paralelamente, se ha incrementado la percepción pública en relación con el manejo inadecuado y la posible toxicidad de los desechos electrónicos. RAEE es la sigla con la que se conoce a un nuevo tipo de desechos urbanos: los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

El manejo que se le da actualmente en Tampico a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE, por sus siglas en inglés), no está basado en ninguna reglamentación federal, estatal o municipal, en el mejor de los casos existen programas que contemplan centros fijos de acopio y campañas de recolección de RAEE, aunado a esto los estímulos del mercado han aumentado la cantidad de residuos de este tipo, en relación con el aumento poblacional que se ha presentado en las últimas 2 décadas.

Esta investigación se centra en el mapeo y estimación de la generación de residuos de aparatos electrodomésticos voluminosos en el municipio de Tampico, particularmente con los siguientes objetivos generales: Mapear la generación de residuos de aparatos electrodomésticos en relación con los programas y campañas municipales y centros de servicio; estimar la cantidad de desechos sólidos voluminosos que están siendo generados en establecimientos autorizados y no autorizados de línea blanca en Tampico, Tamaulipas; Pronosticar el volumen de

desechos de electrodomésticos voluminosos en Tampico, Tamaulipas. Teniendo también como objetivos específicos los siguientes: Mapear las fuentes de generación de residuos de electrodomésticos voluminosos; estimar la cantidad y tipo de aparatos electrodomésticos voluminosos que ya no son viables para su reparación; aplicar una metodología de pronóstico validada para estimar la generación de este tipo de residuos.

12.2 Revisión de literatura

La generación de RAEE en México y el mundo

Esta estimación de los residuos sólidos nos dará una primera impresión de la cantidad de desecho que se generan en el presente en la ciudad Tampico. En el país existen 260 unidades económicas relacionadas con la producción de aparatos electrodomésticos, las cuales se encuentran ubicadas principalmente en Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Nuevo León, Querétaro, Tamaulipas, Baja California entre otros estados. (INEGI, 2009) El sector de electrodomésticos está presente en el estado de Tamaulipas, por lo que los precios y el comportamiento de la compra de electrodomésticos se han mantenido a un precio accesible, aunado también la participación de los factores económicos y demográficos; como el aumento poblacional en los últimos 10 años en la zona conurbada del sur de Tamaulipas, teniendo Tampico una población de 297 554 habitantes en 2010 (INEGI, 2010) y en los últimos 5 años su población aumentó un 5.66% con ahora 314 418 habitantes (INEGI, 2015) se relaciona una mayor adquisición de electrodomésticos en los últimos 5 años, ya que cada hogar busca cubrir las necesidades básicas de preparar y conservar alimentos. Hablando de economía, especialmente la influencia del marketing en temporadas ya establecidas como: blackfriday o temporadas navideñas en donde se manejan las rebajas y ofertas de los aparatos, para incrementar su consumo y dado que el periodo de vida de un electrodoméstico oscila entre 3 a 5 años de vida útil, a través de esta investigación se pretende estimar la cantidad de desechos que se generarán en años futuros.

Muchos de los REV contienen sustancias contaminantes como el caso de los equipos de frío (frigoríficos, congeladores, equipos de aire acondicionado) los cuales contienen las siguientes sustancias: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF6) cuyas sustancias tienen el poder destructivo del ozono estratosférico y un grado elevado de calentamiento atmosférico. Los agentes contaminantes más relevantes en los REV son: gases fluoro carbonos y las grasas que contienen, por lo cual la contaminación va relacionada con la adquisición de dichos aparatos. Al estimar este tipo de residuos permitirá pronosticar la generación de los mismos en base a los datos obtenidos a partir de esta investigación. Lo anterior

puede servir de base para proponer programas y políticas de manejo para este tipo de residuos.

El fallo de un electrodoméstico, que no es desechado adecuadamente trae consigo factores de contaminación ambiental y como consecuencia secundaria problemas para la salud. Las personas que se benefician de esta investigación son las siguientes: La sociedad, el municipio y el Medio Ambiente

Ya que, al manejar adecuadamente este tipo de aparatos, los ciudadanos no solo generarán conciencia sobre las consecuencias de contaminación que trae consigo el mal desecho de estos, si no también que, en conjunto con el municipio, podrán desear adecuadamente cada electrodoméstico al lograr esta complementación, el Medio Ambiente sufrirá menos estragos de contaminación en el aire, su flora, y mantos acuíferos que están presentes en la ciudad de Tampico.

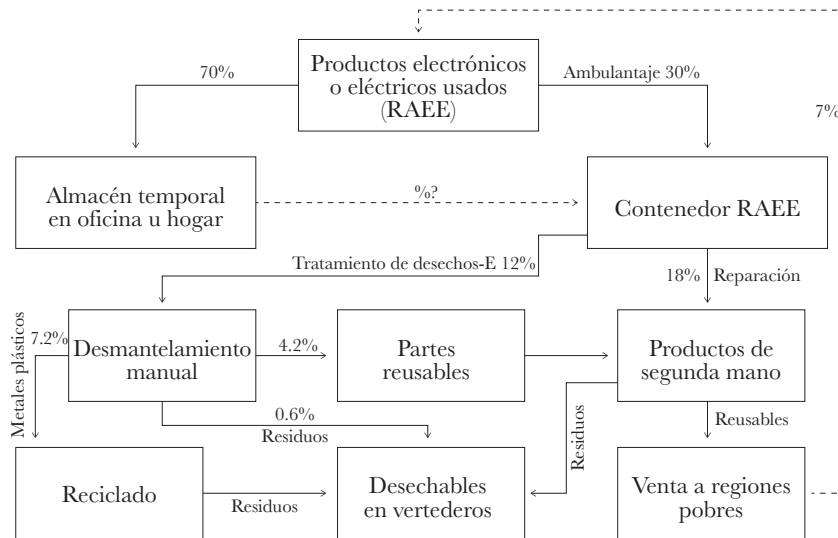


FIGURA 12.1 Diagrama de flujo de los desechos RAEE

12.3 Metodología

La presente investigación se desarrolló mediante el método científico con un enfoque cuantitativo, estimando la cantidad de residuos de electrodomésticos voluminosos en la ciudad de Tampico, Tamaulipas, utilizando muestreo de datos para obtener la cantidad y tipo de RAEE generados en la zona, así como su disposición final para probar la hipótesis.

La categoría a evaluar fue la cantidad de RAEE que se genera en la ciudad de Tampico.

Tabla 12.1 Categorías, variables e indicadores del diseño experimental

Categoría	Variable	Indicador
Estimación y pronóstico de los RAEE	Residuos	Tipo Cantidad
	Fuentes de generación de residuos	Tipo de fuente Ubicación de la fuente Cantidad de residuo que genera cada RAEE

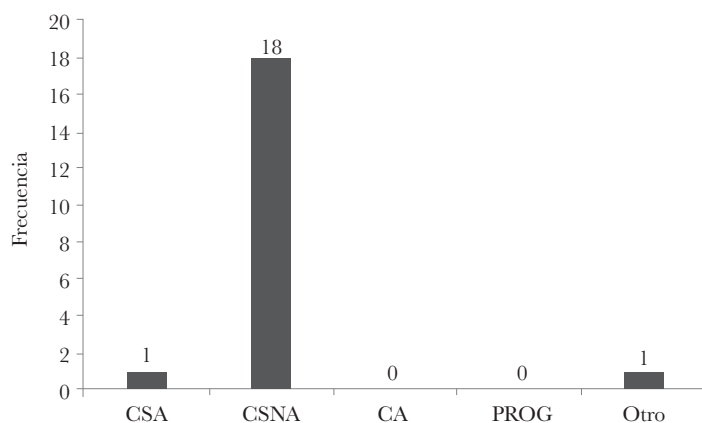
La población muestreada fue la fuente de generación de RAEE en la ciudad de Tampico:

- 2 Centros de Servicio Autorizado
- 18 Centros de Servicio No Autorizado
- 13 Centros de Acopio en Tampico

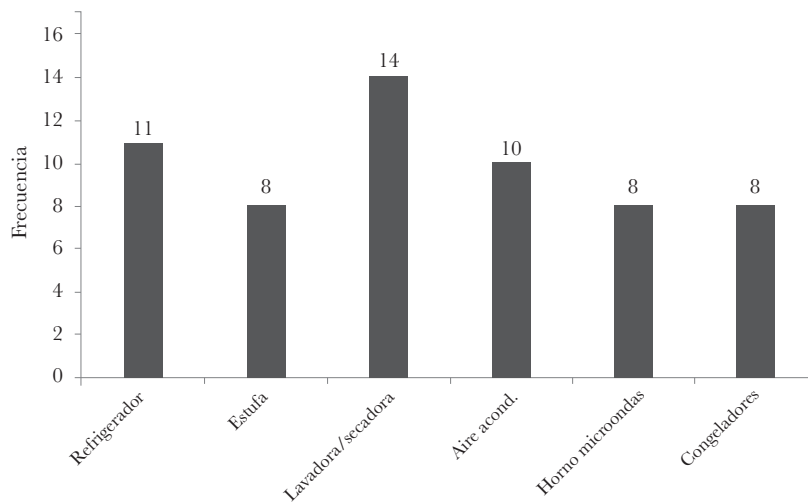
12.4 Discusión de resultados

Frecuencia de desechos RAEE en las siguientes fuentes de generación de RAEE en la ciudad de Tampico:

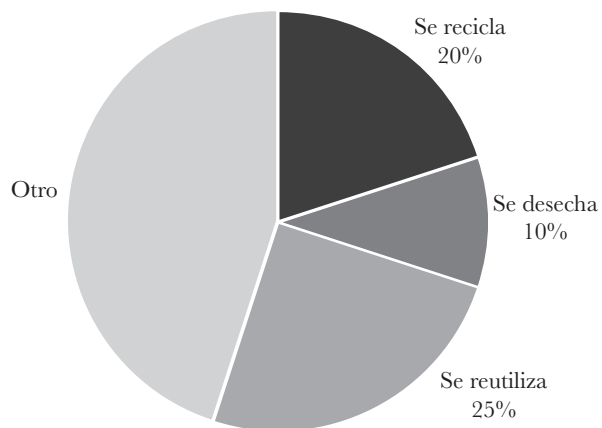
Gráfica 12.1 Frecuencia de desechos RAEE por tipo de establecimiento. CSA=Centro de servicio autorizado; CSNA=Centro de servicio no autorizado; CA=Centro de acopio; PROG=Programa de recolección.



Gráfica 12.2 Frecuencia de desechos RAEE recibidos en establecimientos CSA y CSNA



Gráfica 12.3 Frecuencia de disposición de desechos RAEE no viables



Gráfica 12.4 Vida útil de los RAEE en la zona de Tampico, Tamaulipas (México)

12.5 Conclusiones

Algunas de las conclusiones de los resultados obtenidos del monitoreo de los RAEE en la zona conurbada de Tampico son las siguientes:

- Importancia de establecer mayores CA para la disposición final de los RAEE.
- Reciclaje de los RAEE después de su vida útil
- Políticas y procedimientos por parte del gobierno para implementar programas de recolección de los RAEE
- Dar continuidad al proceso de desecho de los RAEE después de permanecer en un centro de acopio
- Fomentar la reutilización de partes recicladas en los centros de acopio.

Lista de referencias

- Villarreal, R., & de Villarreal, R. R. (2001). La apertura de México y la paradoja de la competitividad: hacia un modelo de competitividad, sistémica. *Comercio Exterior*, 51(9), 772-788
- Ogata, K. (2004). *Ingeniería de Control Moderna*, Prentice Hall, Cuarta edición, Madrid.
- Guzmán, A., & Toledo, A. (2005). Competitividad manufacturera de México y China en el mercado estadounidense. *Economía UNAM*, 2(4), 94-137.
- INEGI, Ø. (2009). *Censos económicos 2004*. Censos Económicos 2009.
- Alix, P. (2009). *Alix Partners Introduces New Outsourcing Tool That Determines Best-Cost Countries*.
- Secretariat, W. T. O. (2013). *WTO Secretariat estimates, based on data compiled from IMF International Financial Statistics*; Eurostat Comext Database. Global Trade Atlas.
- ProMéxico (2011), Diseñado en México. *Mapa de ruta de diseño, ingeniería y manufactura avanzada*, ProMéxico: México DF.
- INEGI, I. (2015). *Sistema de Cuentas Nacionales de México: cuenta satélite del turismo de México, 2013: preliminar: año base 2008*. Aguascalientes, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx>.

Capítulo 13

La huella de carbono y alternativas de mitigación en el sector transporte

Marco Antonio Delgado Barrios¹

Ricardo Tobías Jaramillo²

Blanca Patricia Rubia Lajas³

Roberto Pichardo Ramírez⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: rtobias@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son aquellos gases que contribuyen al cambio climático, sea de forma natural o como en muchos casos, se presentan por la modificación de la humanidad y los procesos industriales, y que dentro de su composición se encuentra el Dióxido de Carbono (CO₂) y el Metano (CH₄), que por presentarse en cantidades muy grandes producen daños en el ambiente y conlleva al cambio climático. En la presente investigación se realizó un análisis de estos gases en el sector energía, subsector transporte del Estado de Tamaulipas. El proceso metodológico estuvo integrado por la recolección de información y análisis estadístico del año base 2010 y empleando la metodología propuesta y validada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), versión 1996. Los resultados obtenidos se podrán complementar con los Planes de Desarrollo Municipal para el mejoramiento de la red de carretera y transporte público. Respecto a la Zona de estudio, en la región Valle de San Fernando, las emisiones totales fueron de 2 129.35 MCO₂-Eq anuales, donde San Fernando aporta el 77%. Región centro, se estimó de 1 7280.50 MCO₂eq con mayor emisión de Victoria,

¹ Doctor en Medioambiente.

² Doctor en Medioambiente.

³ Doctora en Educación Internacional

⁴ Doctor en Medioambiente.

74%; las principales fuentes de emisiones son los automotores de gasolina con un 68%. Región del Altiplano, con mayor emisión está Tula, 61%; Región Mante, El Mante es el de mayor porcentaje, 71%, donde se concentra la Zona Urbana. Una de las medidas mitigadoras de Gases de Efecto Invernadero para Tamaulipas es el cambio del Parque Vehicular.

Palabras clave: Gases de efecto invernadero • Cambio climático • Transporte

13.1 Introducción

En el presente trabajo se calculó la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) empleando la metodología del IPCC⁵, versión 1996, a partir de datos del INEGI⁶, para establecer la cantidad de gases producidos en Tamaulipas, México. Se analiza la problemática ambiental de contaminación en el aire, enfocándose en el cambio climático.

Se describen los Tratados internacionales de Montreal, Kioto, Cumbre de la Tierra, sobre GEI. De Tamaulipas, se analiza, del sector energía, el subsector transporte, para conocer los diferentes tipos de emisiones de GEI reportadas previamente en la entidad.

Esta investigación se desarrolló en seis etapas:

1. Etapa: Descripción de las Regiones de estudio, analizando los factores-bióticos, físico-inertes y socioeconómicos. Para la descripción del medio físico-biótico se recopiló información sobre tipo de flora y fauna; para el medio físico-inerte, sobre hidrografía, climatología, orografía, geología, geografía, fisiología; y para el medio socioeconómico, sobre nivel de vida, servicios de primera necesidad, escolaridad y población.
2. Etapa: Clasificación de GEI. Basado en el Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas (2010), del subsector transporte como: tipo y clase de transporte, kilómetros de carretera por tipo, número de barcos atracados en puertos, despegues y aterrizajes de aviones y kilómetros de vías ferroviarias.
3. Etapa: Recolección de información. Del INEGI, en el Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas (2010), según las Regiones de Estudio.
4. Etapa: Cálculos para obtención de emisión de GEI en las Regiones de Estudio, con ayuda del software del IPCC versión 1996.
5. Etapa: Análisis de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para las Regiones de Estudio de acuerdo a las normas del IPCC versión 1996.

⁵ IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático

⁶ INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

6. Etapa: Revisión de alternativas de mitigación de los GEI, en el tema de ingeniería de transporte e ingeniería ambiental.
7. Contar con un inventario actualizado de GEI proporciona una mejor toma de decisiones para la elaboración de política pública ambiental que sienten las bases para establecer la línea base ambiental en Tamaulipas.

13.2 Fundamentos

La problemática ambiental de hoy en día es de dimensión global. Para su caracterización se habla de contaminación, que afecta a todos los ecosistemas, trayendo como consecuencia su deterioro y con el tiempo, su destrucción. Directamente relacionada con los seres humanos, su forma de vida; la manera en que desarrollan sus actividades; y los procedimientos que emplean para explotar sus recursos naturales.

Esto lleva a una alteración nociva del estado natural de un medio, causando inestabilidad, desorden, daño, malestar en el ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Se considera una forma de impacto ambiental (Burroughs, 2007).

La problemática ambiental puede dividirse en cinco aspectos: desarrollo rural, desarrollo urbano, crecimiento industrial, desarrollo regulatorio e institucional ambiental, y educación.

Contaminación del aire

El dióxido de carbono (CO_2), un gas de efecto invernadero, es el contaminante que está causando en mayor parte el calentamiento de la tierra. Todos los seres vivos emiten dióxido de carbono al respirar, pero se considera contaminante cuando se asocia con coches, aviones, centrales eléctricas y otras actividades humanas que requieren el uso de combustibles fósiles, como la gasolina y el gas natural. (SEMARNAT, 2009).

Las emisiones comenzaron a aumentar drásticamente en el siglo XIX debido a la revolución Industrial. Muchas actividades que producen GEI (gases de efecto invernadero) resultan hoy esenciales para la economía mundial y forman parte fundamental de la vida moderna. El CO_2 proveniente de la quema de combustibles fósiles, principal fuente de emisiones de GEI derivado de las actividades humanas (INECC, 2016). El suministro y el uso de combustibles fósiles representan un 80% de las emisiones de dióxido de carbono de origen humano, un quinto de las de metano (CH_4) y una cantidad significativa de las de óxido nitroso (N_2O). Además, produce óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), que aunque en sí mismos no son GEI, influyen sobre los ciclos químicos de la atmósfera que crean o destruyen otros GEI, como el ozono troposférico.

En las últimas décadas, el incremento anual de la concentración de CO₂ en el aire es en promedio de 1.5 ppm⁷ /año (0.5%). Actualmente supera el 2.8 ppm/año. Su aumento antropogénico produce un aumento radiactivo en superficies de aproximadamente 1.4 W/m², que en temperatura media global supera un incremento de 0.5°C. Las emisiones globales de CO₂ fueron 24 221 millones de toneladas en 2003, según la Agencia Internacional de Energía (IEA); esta cifra no incluye las emisiones de la aviación y la navegación internacional. De acuerdo con las cifras reportadas por la IEA para el 2003, México ocupa el 12° lugar, con 374 millones de CO₂ (1.5%) de las emisiones globales.

Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero más importantes son: Vapor de Agua, Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Clorofluoro-carbonos (CFC) y Ozono (O₃). El aumento de las emisiones de GEI, desde 1750 a la fecha, están generando cambios climáticos en gran escala, como aumento paulatino pero continuo de temperatura, modificaciones en patrones de lluvia, reducciones de capas de hielo y aumentos del nivel del mar e incrementos en intensidad y número de eventos climáticos extremos (IPCC, 2007). El impacto de estos fenómenos es impresionante; en el sector agropecuario, hídrico, la biodiversidad y zonas costeras, sector energético y salud. La magnitud de estos cambios, modificarán las condiciones económicas, sociales y en general, las características del desarrollo y las condiciones de vida de la mayoría de la población mundial.

Tipos de Gases de Efecto Invernadero

De acuerdo con su relación en la generación del forzamiento radiactivo, los GEI se dividen en dos tipos (Tabla 13.1). GEI directos, inducen directamente al forzamiento radiactivo y el calentamiento global. GEI indirectos, contribuyen indirectamente al forzamiento radiactivo por medio de su impacto en la química atmosférica, pueden modificar la formación y vida atmosférica de los GEI directos o contribuir a la formación de aerosoles. Son causas principales de smog, lluvia ácida y nieva regional, por lo que la recopilación de datos sobre estos gases beneficiará a los programas de monitoreo de la calidad del aire. (Ruiz, 2004).

⁷ Ippm: partes por millón.

Tabla 13.1 Clasificación de los GEI

GEI Directos	GEI Indirectos
Bióxido de Carbono (CO_2)	Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
Metano (CH_4)	Monóxido de Carbono (CO)
Óxido Nitroso (N_2O)	Bióxido de Azufre (SO_2)
Halocarbonos (HFC_5 , PFC_5 , SF_6)	Compuestos Orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM)

Fuentes de dióxido de carbono (CO_2)

El CO_2 es un gas formado por la combinación de los elementos carbono y oxígeno generado por la combustión de combustibles fósiles como: el hidrocarburo, descomposición de materia orgánica y por la respiración. Se usa para producción de energía eléctrica, transporte, acondicionamiento de edificios, y manufactura del cemento y otros productos. La deforestación libera CO_2 pues reduce el proceso fotosintético (García, 2010). La mayor fuente es el cambio de uso del suelo y las actividades de silvicultura, sobre todo la deforestación, absorciones de CO_2 por sumidero, la siembra de árboles y el manejo forestal; y procesos de producción industriales en menor grado. (Metz y Coninck, 2005).

Fuentes de Metano (CH_4)

El metano (CH_4) es el hidrocarburo alcano más sencillo. Se produce como resultado final de la putrefacción anaeróbica de los residuos orgánicos. Comúnmente, constituye el 80% del gas natural. Las 3 principales fuentes son: combustible fósil (carbón, petróleo y gas); vertederos; y agrícola (estiércol). El metano es encontrado donde hay combustible fósil. Se emite durante operaciones de extracción de petróleo, gas natural o carbono. También durante la manipulación, procesamiento y transporte (ya sea en camiones o a través de tuberías) del combustible fósil. Al usar carbono, gas natural o petróleo se contribuye a las emisiones de metano. Algunos animales de granja emiten metano de dos formas: durante el proceso de digestión de vacas, ovejas, cabras, cerdos y gallinas, se crean grandes cantidades de metano y la fermentación entérica que ocurre en su estómago también es causa de emisiones; la otra forma es a través de la descomposición del estiércol del ganado. Cuando estos animales son criados con fines comerciales, se dan grandes cantidades de estiércol. La manera que se procesa el excremento es utilizando sistemas de tratamiento donde el estiércol se descompone dentro de tanques que permanecen cerrados, sin oxígeno. Cuando el material orgánico se descompone de forma anaeróbica se produce el metano. La cantidad de carne que ingerimos a diario tiene

directa influencia sobre esta problemática. Tanto el estiércol como los vertederos y la basura al aire libre están llenos de materia orgánica como: restos de comida, periódico, pasto y hojas. La basura nueva se apila sobre la que ya estaba y la materia orgánica se descompone en condiciones anaeróbicas y así se produce el metano.

Fuentes de Óxido Nítrico (N_2O)

El N_2O es un gas incoloro, con olor dulce y ligeramente tóxico; emitido por actividades humanas como uso de fertilizantes y quema de combustibles fósiles. Los procesos naturales en el suelo y los océanos también liberan N_2O (García, 2010).

Los GEI que existen de manera natural se mantienen con cierto equilibrio dentro de la atmósfera, debido a los procesos geofísicos del planeta, como el ciclo del agua y del carbono. Sin embargo, las actividades humanas han aumentado la concentración de los GEI en la atmósfera. El vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo, es inodoro e incoloro, es responsable de la humedad ambiental. En ciertas condiciones, a alta concentración, parte del agua que forma el vapor se condensa y se forma niebla o, en concentraciones mayores, nubes. Es un constituyente vital de la atmósfera, en promedio 1% por volumen, aunque con variaciones significativas en las escalas temporales y espaciales. Por su abundancia es el gas de efecto invernadero de mayor importancia. A medida que la temperatura superficial aumenta, también la humedad atmosférica y esto amplifica el calentamiento producido por el CO_2 .

Cambio Climático

El cambio climático global es una consecuencia del aumento en las emisiones de GEI. México se encuentra entre los 70 países con mayores emisiones de GEI per cápita, emite 0.96 toneladas anuales de Carbono a la atmósfera. Esta cantidad, sin embargo, se encuentra muy por debajo de las emisiones de países sumamente desarrollados. (SEMARNAT, 2009).

El cambio climático ocurre por acción del efecto invernadero, la principal evidencia es el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera. En los últimos años, 1995-2006, figuran entre los 12 años más calientes en los registros instrumentales de la temperatura global superficial, desde 1850. Otra evidencia es la disminución en la extensión del hielo y la capa de nivel sobre la superficie terrestre, los glaciares de las montañas y la capa de nivel han disminuido en promedio en ambos hemisferios, lo que ha contribuido al aumento del nivel del mar en un promedio global de 1.8 mm por año, de 1961 al 2003. El rango aumentó más rápido de 1993 al 2003 con 3.1 mm por año. Al subir el nivel del mar, el

contenido de calor de los océanos se aumenta. También hay evidencias de cambio en el comportamiento de algunas especies animales y vegetales.

Cumbres de Cambio Climático

- *Protocolo de Montreal*. Es un tratado internacional diseñado para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de sustancias que reaccionan con el ozono, desde 1989 que entra en vigor. Se calcula que, si todos los países cumplen con sus objetivos, la capa de ozono podría recuperarse para el año 2050. Debido al alto grado de aceptación e implementación que se ha logrado, el tratado ha sido considerado como un ejemplo excepcional de cooperación internacional (PNUMA, 2000).
- *Protocolo de Kioto*. Es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero: Dióxido de Carbono, Metano, Óxido Nitroso, Hidrofluorocarburos, Perfluorocarburos y Hexafluoruro de azufre. (UNFCCC, 2009). El protocolo fue iniciado en diciembre de 1997 en Kioto, Japón y entro en vigor en febrero de 2005.
- *Cumbre de la Tierra*. Se trata de las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que marcaron un punto de inflexión en el desarrollo de la política internacional del medio ambiente, celebradas desde 1972 a la fecha. Fue el comienzo de la conciencia moderna política y pública de los problemas ambientales globales. (Jankilevich, 2003).

Algunos sostienen que estas conferencias tuvieron un impacto real en las políticas medioambientales de la Comunidad Europea. Por ejemplo: en 1973, la Unión Europea creó la primera Directriz sobre Protección del Medio Ambiente y los Consumidores y propuso el primer Programa de Acción Ambiental. Este interés y la colaboración investigativa allanaron el camino para profundizar el conocimiento sobre el calentamiento global, que ha dado lugar a acuerdos como el Protocolo de Kyoto. (Jankilevich, 2003).

Los temas tratados en estas conferencias incluían:

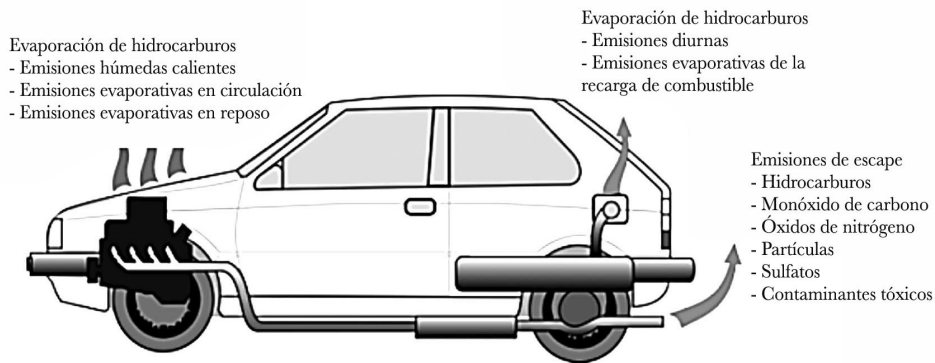
1. Investigación de patrones de producción, de componentes tóxicos como el plomo en la gasolina y residuos contaminantes.
2. Fuentes alternativas de energía para el uso de combustibles fósiles.
3. Apoyo al transporte público para reducir emisiones de los vehículos, congestión en las ciudades y problemas de salud por la polución.
4. La creciente escasez de agua.

Los grandes problemas de hoy no son ni el terrorismo ni Sadam Husein, sino la brutal degradación del medio ambiente y las enormes desigualdades mundiales.

Implicaciones del Transporte en el cambio climático

Los vehículos automotores propulsados por motores de combustión interna producen, en general, tres tipos de emisiones de gases contaminantes: emisiones evaporativas, emisiones por tubo de escape (Figura 1) y emisiones de partículas por desgaste tanto de los frenos como de las llantas. (SEMARNAT, 2013).

Figura 13.1 Procesos de emisiones de contaminantes en vehículos automotores



Fuente: <http://docplayer.es/20097263-Contenido-pag-metodologia-para-realizar-inventarios-de-fuentes-moviles-de-contaminacion-atmosferica-en-la-ciudad-de-cartagena.html>

Emisiones evaporativas

Ocurren cuando el vehículo está estacionado o en circulación, depende de las características del vehículo, factores geográficos y meteorológicos, como la altura y la temperatura ambiente y principalmente, de la presión de vapor del combustible (Gómez, 2009).

Los procesos de emisiones evaporativas:

1. Diurnas: Generadas en el sistema de combustible del vehículo debido a los cambios de temperatura a través de las 24 horas del día.
2. Recién apagado: Se presentan una vez que se apaga el motor, debido a la volatilización del combustible por su calor residual.
3. En circulación: Cuando el motor está en operación normal.
4. En reposo, con motor frío: Ocurren por la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible.

5. En la Recarga de Combustible: Fugas de vapores del tanque de combustible durante la recarga.

Emisiones por tubo de escape

Son producto de la quema del combustible (gasolina, diésel u otros) con contaminantes como: monóxido y bióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y las partículas. Además de azufre y plomo presentes en el combustible que se liberan al ambiente por la combustión.

Los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores cantidades de emisiones por kilómetro recorrido y las normas que regulan la construcción de vehículos determinan tanto su tecnología, como la presencia o ausencia de equipos de control, como convertidores catalíticos. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características del combustible (como su contenido de azufre) juegan un papel sumamente determinante en las emisiones por el escape.

Contaminantes emitidos por las fuentes vehiculares y su impacto en el medio ambiente y la salud

La gasolina y el diésel son mezclas, principalmente, de hidrocarburos. Si la combustión en un motor fuera perfecta, el oxígeno en el aire convertiría todo el hidrógeno del combustible en agua y todo el carbono en dióxido de carbono. En la realidad, el proceso de combustión no es perfecto y, en consecuencia, los motores de los automóviles emiten varios tipos de contaminantes (Tabla 13.2) (Sotelo et al, 2011).

Tabla 13.2. Contaminantes Emitidos por Automóviles

Tipos de Emisiones	Contaminantes emitidos
Por tubo de escape	Hidrocarburos
	Monóxido de Carbono
	Óxidos de Nitrógeno
	Bióxido de carbono
	Bióxido de Azufre
	Plomo (en caso de Gasolina con Plomo)

Tipos de Emisiones	Contaminantes emitidos
Evaporativas	Amoniac
	Metano
	Hidrocarburos

Su impacto en la salud y el ambiente:

1. **Hidrocarburos (HC):** Ocurre cuando no se quema completamente el combustible en el motor, son compuestos orgánicos volátiles (COV), precursores del ozono y algunos de ellos, como el benceno, formaldehído y acetaldehído, tienen una alta toxicidad para el ser humano.
2. **Monóxido de carbono (CO):** Ocurre cuando el carbono en el combustible se oxida solo parcialmente. El monóxido de carbono se adhiere con facilidad a la hemoglobina de la sangre y reduce el flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo ocasionando alteraciones en los sistemas nervioso y cardiovascular.
3. **Óxidos de nitrógeno (NOX):** ante las altas temperatura y presión del motor, los átomos de nitrógeno y oxígeno del aire reaccionan formando monóxido de nitrógeno (NO), bióxido de nitrógeno (NO₂) y otros óxidos de nitrógeno menos comunes, que se conocen como NOX, que al igual que los hidrocarburos, son precursores de ozono. Con la presencia de humedad se convierten en ácido nítrico, contribuyendo al fenómeno de “lluvia ácida”. La exposición aguda al NO₂ puede incrementar las enfermedades respiratorias.
4. **Bióxido de carbono (CO₂):** No atenta contra la salud, pero es un gas con importante efecto invernadero que atrapa el calor de la tierra y contribuye seriamente al calentamiento global.
5. **Bióxido de azufre (SO₂):** Se produce por la presencia de azufre en el combustible. Al oxidarse en la atmósfera produce sulfatos, que forman parte del material particulado. Es irritante para ojos, nariz y garganta, y agrava los síntomas del asma y la bronquitis. La exposición prolongada al SO₂ reduce el funcionamiento pulmonar y causa enfermedades respiratorias.
6. **Partículas (PM):** Provoca síntomas de enfermedades respiratorias, reducción de la función pulmonar, agravamiento del asma, y muertes prematuras por afecciones respiratorias y cardiovasculares.
7. **Plomo (Pb) y otros aditivos metálicos:** Su empleo como antidetonante en la gasolina ha propiciado durante mucho tiempo emisiones que han

demostrado tener impactos nocivos en el coeficiente intelectual de los niños. Desde 1998 las gasolinas que se comercializan en México no contienen plomo.

8. Amoníaco (NH_3): Este contaminante reacciona con SOX y NOX para formar partículas secundarias como el sulfato de amonio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] y el nitrato de amonio (NH_4NO_3), las cuales tienen un impacto significativo en la reducción de la visibilidad. La exposición a contaminante provoca irritación de la piel, inflamación pulmonar y edema pulmonar.
9. Metano (CH_4): Es un gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento 21 veces mayor al del bióxido de carbono.
10. Óxido nítrico (N_2O): Este contaminante, que pertenece a la familia de los óxidos de nitrógeno, también contribuye al efecto invernadero y su potencial de calentamiento es 310 veces mayor que el bióxido de carbono.

Importancia relativa de las emisiones de fuentes vehiculares

En México, la contribución de las emisiones de los vehículos automotores a las emisiones totales a nivel nacional es considerable. De acuerdo con el primer Inventario Nacional de Emisiones de México (1999), los vehículos automotores contribuyeron con el 31% de la emisión de óxidos de nitrógeno, 62% de monóxido de carbono y 22% de compuestos orgánicos volátiles. Al mismo tiempo son una fuente importante de emisión de partículas finas, y aunque las emisiones son menores que las de otros contaminantes, sus impactos en la salud son mayores.

Caracterización de la flota vehicular

El tamaño de la flota vehicular es el número total de vehículos que circulan por las vialidades de un municipio o ciudad. La caracterización se realiza clasificándola en categorías de vehículos de acuerdo al uso, peso, año, tecnología para control de emisiones y tipo de combustible. Es importante tomar en cuenta la tasa anual de motorización, la de renovación y el ciclo de vida útil de los vehículos.

Algunos factores que definen esta información son la actividad económica de la región de estudio, la existencia de autos extranjeros ilegales, los precios de los combustibles y la propia infraestructura urbana, entre otros (INECC, 2016).

La actividad vehicular utilizada para el desarrollo de inventarios de emisiones de fuentes móviles en México se ha estimado partiendo de los Kilómetros Recorridos por Categoría de Vehículo (KRPV) en una ciudad. Entre las formas de obtenerlos están los aforos vehiculares y la consideración del consumo de combustible. Posteriormente, se multiplica por el número de vehículos contabilizados dentro de cada categoría. También puede considerarse como datos de actividad vehicular

al número de arranques por día o la velocidad a la cual han sido recorridos los kilómetros por el vehículo. En esta investigación, este dato fue considerado dentro de la sección de factores de emisión ya que, en general, estos datos constituyen variables necesarias para correr los modelos que generan los factores de emisión.

Los factores de emisión corresponden al monto de un contaminante específico emitido en cierto período por una categoría específica de vehículo. La complejidad de relacionar las emisiones de cada tipo de vehículo bajo las diversas condiciones de operación, mancomunado con el alto costo asociado con la medición en campo de muestras estadísticamente significativas de vehículos, hace imprescindible la utilización de modelos de emisión.

Existen algunos parámetros de entrada que resultan críticos e indispensables, tales como: tamaño de flota, distribución de vehículos por año modelo y KRPV por clase de vehículo, distribución media de velocidades por tipo de camino, distribución de kilómetros recorridos por tipo de camino, temperatura y características del combustible. Existen otros parámetros que, si bien no son críticos, influyen de manera importante en los resultados de la corrida del modelo, tales como: altitud, humedad relativa, carga solar y uso de aire acondicionado en vehículos, así como número de arranques diarios por clase de vehículo (Tokunaga y Eby 2014). Finalmente, otros parámetros que no son determinantes en los resultados que es posible utilizar valores predeterminados como: a nivel regional o nacional.

Las emisiones provenientes de fuentes móviles, de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de México, 1999 (INEM), ocupan el primer sitio en cuanto a emisiones de NO_x y CO₂, así como el segundo lugar en emisiones de COV. Su contribución a la emisión de partículas suspendidas finas (PM 2.5) cobra importancia debido al alto costo de salud asociado con estas emisiones.

Subsector transporte y GEI

El transporte es el mayor consumidor de combustibles en México. Para 2005, el autotransporte representaba el 93% del consumo, aviación nacional, con 4%; transporte marítimo, con 2% y el ferroviario nacional, 1%. Con base en los resultados obtenidos en la primera etapa del diagnóstico nacional, se encontró que el 19% de los Estados cuentan con una o más ciudades con inventario de emisiones que incluya la estimación de emisiones de fuentes móviles, el 13% están en el proceso de desarrollo de la estimación de emisiones de fuentes móviles y el 68% de los estados de la república mexicana no cuentan con al menos una ciudad con inventario de emisiones que incluya la estimación de emisiones de fuentes móviles. Es importante señalar que varios de estos estados tienen interés en realizarlo, pero desconocen la información y la metodología adecuada para llevarlo a cabo. Dentro

de las entidades federativas que cuentan con al menos una ciudad que ha realizado estimaciones de emisiones de fuentes móviles, se encuentran: Estado de México, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Puebla y Nuevo León. Sin embargo, no sería factible realizar una comparación entre estos inventarios ya que cada uno ha sido elaborado siguiendo diferentes criterios, por lo que se evidencia la necesidad de elaborar una guía metodológica que homologue los procesos para cuantificar emisiones de fuentes móviles. Para las zonas que presentan alguna problemática en materia de contaminación por emisiones de fuentes móviles, como el Valle de México, Guadalajara y Monterrey, sus inventarios han tenido como finalidad justificar el diseño e implementación de políticas o programas para el control y mejoramiento de la calidad del aire.

Estudios previos de GEI en Tamaulipas

El Inventario de Emisiones de GEI de Tamaulipas de 1990 al 2005 y con proyecciones al 2025, fue realizado por Centro de Estrategias del Clima de Estados Unidos (CCS por sus siglas en inglés) en coordinación con el Gobierno del Estado de Tamaulipas y con financiamiento de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y fue revisado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y publicado en octubre del 2010. Para la elaboración de este inventario se utilizaron las directrices del IPCC del 2006. Las emisiones per cápita en Tamaulipas en el año 1995 eran de aproximadamente 5.6 MtCO₂eq⁸, ligeramente por debajo de la media nacional de 6.0 MtCO₂eq. Para el año 2005, las emisiones per cápita en Tamaulipas habían aumentado a 8.2 MtCO₂eq mientras que en México la media solamente se incrementó a 6.4 MtCO₂eq. En cuanto a las proyecciones para el año 2025, en Tamaulipas se espera que lleguen a 34.2 MtCO₂eq. Esto representará un aumento del 97% en las emisiones de gases de efecto invernadero por encima de los niveles de 1990.

El estado de Tamaulipas en el año 2005 ocupó el 3er lugar en emisiones de GEI de los 6 estados de la frontera norte del país con 24.82 MtCO₂eq, mientras que Coahuila ocupó el 1er lugar con 39.32 MtCO₂eq y Baja California el último lugar con 16.13 MtCO₂eq. Coahuila tiene el mayor índice de emisión per cápita entre los estados de la frontera mexicana mientras que Tamaulipas ocupa el 2do lugar junto con Sonora.

En Tamaulipas, las actividades productivas emitieron aproximadamente 24.8 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂eq) en el 2005. Esto representó un aumento del 43% tomando como base a las emisiones de

⁷ MtCO₂eq: Toneladas métricas brutas de CO₂ equivalente.

1990, mientras que en México el incremento de las emisiones en el mismo lapso fue del 31%. Los análisis preliminares sugieren que, en 2005, las actividades en Tamaulipas contabilizaron 24.8 millones de toneladas métricas de emisiones de CO₂eq (MTmCO₂eq) brutas basadas en la producción en 2005, una cantidad igual a cerca del 3.8% de las emisiones brutas de GEI de México en el 2005.

Las emisiones brutas de GEI en Tamaulipas están aumentando a un ritmo poco mayor que las del país en general (las emisiones brutas excluyen los sumideros de carbono, como los bosques). Las emisiones brutas de GEI en Tamaulipas aumentaron un 43% de 1990 al 2005, mientras que las emisiones nacionales se elevaron un 31% en ese mismo lapso.

De acuerdo a la COCEF (2010), en comparativa de emisiones per cápita, por unidad de derrama económica en el Estado y en México, Tamaulipas emitió alrededor de 5.6 MTmCO₂eq, en 1995 per cápita, ligeramente menos que el promedio nacional de 6.0 MTmCO₂eq en 1995. Las emisiones per cápita en Tamaulipas incrementaron a 8.2 MTmCO₂eq en el 2005, mientras que las emisiones per cápita a nivel nacional aumentaron solamente 6.4 MTmCO₂eq en el mismo año. El crecimiento económico de Tamaulipas excedió el aumento de las emisiones para el periodo de 1995-2000 dando como resultado la disminución en emisiones de GEI por unidad de producto estatal.

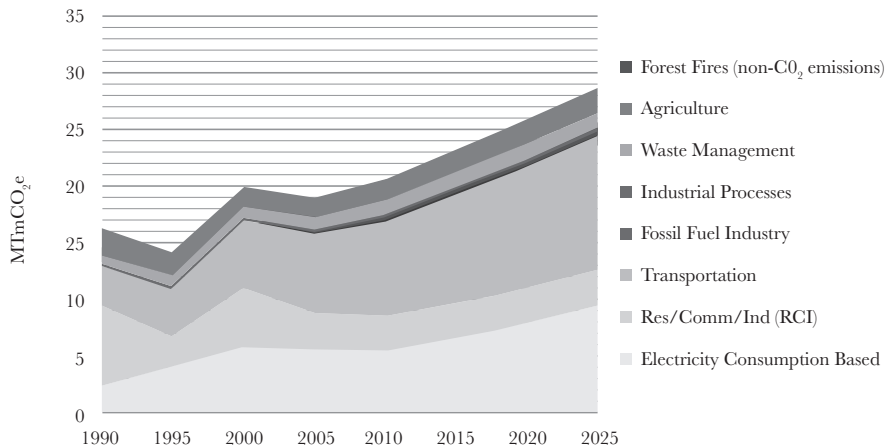
En la Figura 2 se comparan las emisiones brutas de GEI basadas en la producción de Tamaulipas con las emisiones de todo México en el 2005, conforme a los sectores productivos que considera el Instituto Nacional de Ecología (INE). La principal fuente de emisiones de GEI en Tamaulipas es el uso de energía, que incluye actividades tales como la generación de energía, transporte, producción de combustibles fósiles y exploración, así como el consumo combustibles primarios residencial, comercial e industrial (Ej. gasolina, diésel, carbón, gas natural, gas licuado de petróleo). En el 2005, el sector energético representó el 88% de las emisiones totales de GEI en Tamaulipas. A nivel nacional, el sector eléctrico representó un 63% de las emisiones brutas de GEI en el 2005.

El crecimiento en las emisiones 1990 al 2005 se relaciona principalmente con el aumento del uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica y en el uso del transporte. En el 2005, el sector energético representó el 88% de las emisiones totales en Tamaulipas, mientras que en México el 63%. Ese mismo año, las emisiones relacionadas con el suministro de energía eléctrica representaron el 46% de las emisiones del estado (11.52 MtCO₂eq). En 2007, las siete plantas de ciclo combinado generaron el 96% de la electricidad del estado usando gas natural. Según las perspectivas de la Secretaría de Energía, se espera que el gas natural permanezca como la fuente dominante de combustible para el sector eléctrico en

Tamaulipas, representando de esta manera el 99% de las emisiones para el 2025 (14.98 MtCO₂eq), un incremento del 30% sobre las emisiones del 2005.

El sector de transporte presentó un incremento del 98% durante el periodo de 1990 al 2005, alcanzando las 6.9 MtCO₂eq en el 2005. Las emisiones más representativas de GEI fueron aquellas relacionadas con la combustión de la gasolina y del diésel representando de esta manera el 94% de las emisiones totales del transporte en el 2005. Se espera que para el año 2025, las emisiones provenientes del sector transporte sean aproximadamente 11.7 MtCO₂eq representando un 235% de incremento con relación a las de 1990.

Figura 13.2 Emisiones de GEI Brutas Basadas en el Consumo en Tamaulipas por Sector 1990-2025



Fuente: Modificado COCEF, 2010

Subsector Transporte en Tamaulipas

Enfocándonos en el tema que es el Subsector Transporte, el transporte genera actualmente 18% del CO₂ equivalente emitido por México contando las generadas por la destrucción de bosques, y 25% de las derivadas de las emisiones de GEI. Del total de 659 Mt de CO₂eq/año, generados en 2008, 167 Mt eran del sector transporte. De estos el autotransporte aporta el 93.3%, mientras que el aéreo aporta 3.7%, el ferroviario el 1.7% y el marítimo el 1.3%. Por lo tanto, es claro que la movilidad en coches y camiones representa un área de intervención importante en la lucha por la mitigación de los GEI para reducir el efecto de calentamiento global (Falconi, 2011).

Además, el proceso de motorización va aumentando. En 2010 hay poco más de 22 mil vehículos registrados en el país, comparado con los 6.9 que había en 1990; además, se calcula entre 2.5 y 5 millones de automóviles ilegales ("chocolate"). El índice de motorización creció de 85 vehículos registrados por 1000 habitantes en 1990 a 197 en 2010, y a 236 contando vehículos "chocolate". Además, las tendencias marcan que este proceso de crecimiento se mantendrá, dado que se prevé para México 491 veh/hab para el 2030 (el máximo valor de este índice lo tendrá EE.UU. con 849), con una tasa de crecimiento anual de los veh/hab de 4%.

Estarían circulando para ese año 65.5 millones de vehículos para los 134 millones de habitantes que tendrá el país, en un entorno, si se continúa con los patrones actuales de urbanización, probablemente suburbano y poco denso en los que los vehículos recorrerán largas distancias. La estrategia del gobierno de México plasmada en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) establece que el objetivo es el de "reducir en un 50% sus emisiones de GEI al 2050, en relación con las emitidas en el año 2000", que se plasma en la meta de emitir 339.4 Mt anuales para 2050, de los cuales 121.7 Mt serían del sector transporte. Esto impone metas intermedias para las emisiones del transporte: 168.2 Mt para 2020 y 185.0 Mt para 2030. Si el escenario tendencial es de 347 Mt y la meta es de 185 Mt, significa una reducción de 162 Mt anuales.

El sector de transporte en Tamaulipas incluye: transporte carretero, embarcaciones marítimas, ferrocarril y aviación. Durante los años del inventario (1990 al 2005) las emisiones totales provenientes del transporte incrementaron un 98% alcanzando las 6.9 MTmCO₂eq in 2005. Las actividades más importantes dentro del sector transporte que generaron mayores cantidades de emisiones de GEI fueron aquellas relacionadas con la combustión de gasolina y diésel en carretera representando de esta manera el 94% de las emisiones totales del transporte en 2005.

En el 2025, las emisiones provenientes del sector transporte se espera que sean aproximadamente 11.7 MTmCO₂eq representando un 23% de incremento con relación a 1990.

1. Las emisiones generadas por el transporte carretero se espera que contabilicen el 97% del total de las emisiones del sector transporte para el 2025.
2. Las emisiones generadas por el diésel marino se espera que aumenten a 2.5% las emisiones del transporte en 2005, de 0.3% en 1990.
3. Las emisiones por parte del sector aviación se espera contabilicen menos del 0.3% en 2025, un 0.5% abajo en 1990.

4. Las emisiones por parte del sector ferrocarril se espera que contabilicen el 1% de las emisiones totales del sector transporte en 2025, similar a la proporción en 1990.

Con base en la información disponible, se calcularon las emisiones sobre la base del consumo de combustible. Según las Directrices de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), las emisiones se expresan en términos de la masa de gases de efecto invernadero por unidad de energía consumida.

Dado que este método se usa para calcular las emisiones en términos de consumo de energía (Ej. jules), los datos sobre la venta de combustible fósiles se convirtieron de unidades de volumen a unidades de energía según el contenido de energía de cada combustible.

Las emisiones se calcularon como sigue:

$$\text{Emisión} = \sum [\text{Combustible } \alpha \times \text{Fea} \times \text{PCG}]$$

Dónde:

Emisión:

Emisiones de GEI por especie en kilogramos (kg) de dióxido de carbono equivalente (CO₂e).

FE:

Factor de Emisión (kg/TJ). Esto es igual al contenido del carbono del combustible multiplicado por el índice del peso atómico entre el dióxido de carbono y el carbono (44/12).

PCG:

Potencial de Calentamiento Global (extraído del Segundo Reporte de Evaluación del IPCC o SAR).

α:

Tipo de combustible (Ej. gasolina, diésel, gas natural, gas LP, etc.).

Combustible α: Combustible vendido en Terajoules (TJ).

La información sobre consumo de combustible para cada año se obtuvo de Petróleos Mexicanos (PEMEX) y de la Secretaría de Energía (SENER) de Tamaulipas. Debido a la limitada información sobre el consumo de diésel en el sector de ferrocarril, se aplicaron los datos nacionales a Tamaulipas basados en la proporción de longitud de vías férreas en Tamaulipas. La Tabla 13.3 y 13.4 menciona todas las fuentes de transporte y sus datos correspondientes a la actividad.

Tabla 13.3. Fuentes de transporte y actividad

Sector fuente de GEI	Datos de actividades	Fuente de datos
Transporte Carretero-Gasolina	Estado de Tamaulipas consumo de combustible. 1990-2007	Secretaría de Energía Sistema de Información Energética con información de Petróleos Mexicanos
Transporte Carretero-Diésel	Estado de Tamaulipas consumo de combustible. 1990-2007	Secretaría de Energía Sistema de Información Energética con información de Petróleos Mexicanos
Transporte Carretero-GLP	Estado de Tamaulipas consumo de combustible. 1990-2007	Secretaría de Energía: Prospectiva del mercado de Gas LP 2007-2016
	Consumo Nacional de Diésel Marino, 2003-2007	Secretaría de Energía: Prospectiva de Petrolíferos 2008-2017

Tabla 13.4. Fuentes de Transporte y Actividad (Continuación)

Sector fuente de GEI	Datos de actividades	Fuente de datos
Transporte Carretero-Gas Natural	Estado de Tamaulipas consumo de combustible. 1990-2007	Secretaría de Energía: Prospectiva del mercado de Gas LP 2007-2016
Embarcaciones Marítimas	Consumo Nacional de Diésel Marino, 1990-2002	Instituto Nacional de Ecología: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990- 2002
	Consumo Nacional de Diésel Marino, 2003-2007	Secretaría de Energía: Prospectiva de Petrolíferos 2008-2017
	Toneladas de cabotaje de carga en puertos mexicanos, 2000- 2002	Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Anuario Estadístico 200-2007

Sector fuente de GEI	Datos de actividades	Fuente de datos
Aviación	Estado de Tamaulipas consumo de combustible. 1990-2007	Información Energética con información de Petróleos Mexicanos
Ferrocarril	Consumo Nacional de combustible para trenes, 1990- 2002	Instituto Nacional de Ecología: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990- 2002
	Consumo Nacional de combustible para trenes, 2003- 2007	Secretaría de Energía: Prospectiva de Petrolíferos 2008-2017
	Longitud de vías Férreas existentes para México y Tamaulipas	Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Longitud de Vías Férreas existentes por entidad federativa según tipo de vía

13.3 Metodología

Esta investigación fue con enfoque científico, por ser sistematizada; es de tipo aplicada-descriptiva, fundamentándose en teorías de medio ambiente, cambio climático y gases de efecto invernadero (GEI), para llegar a describir el comportamiento de los GEI en Tamaulipas. Se empleó el método de investigación analítico-inductivo para elaborar el inventario de gases de efecto invernadero asociado al consumo de energía en México de (Sheinbaum, 2000), desarrollando las siguientes etapas:

1. Etapa: Descripción de las Regiones de estudio, analizando los factores bióticos, físico-inertes y socioeconómicos. Para la descripción del medio físico-biótico se recopiló información sobre tipo de flora y fauna; para el medio físico-inerte, sobre hidrografía, climatología, orografía, geología, geografía, fisiología; y para el medio socioeconómico, sobre nivel de vida, servicios de primera necesidad, escolaridad y población.
2. Etapa: Clasificación de GEI. Basado en el Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas (2010), del subsector transporte como: tipo y clase de transporte, kilómetros de carretera por tipo, número de barcos atracados en puertos, despegues y aterrizajes de aviones y kilómetros de vías ferroviarias.
3. Etapa: Recolección de información. Del INEGI, en el Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas (2010), según las Regiones de Estudio.
4. Etapa: Cálculos para obtención de emisión de GEI en las Regiones de Estudio, con ayuda del software del IPCC versión 1996.

5. Etapa: Análisis de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para las Regiones de Estudio de acuerdo a las normas del IPCC versión 1996.
4. Etapa: Revisión de alternativas de mitigación de los GEI, en el tema de ingeniería de transporte e ingeniería ambiental.

Muestreo

Para determinar la zona de estudio se analizaron los factores bióticos, físico-inertes y socio-económicos para conocer las características de las distintas Regiones de Tamaulipas. Con esta regionalización se determinaron los principales factores ambientales mediante estudios de gabinete sobre las características del medio ambiente del estado de Tamaulipas. Estas características se dividieron entre la esfera física (inerte y biótico) y la esfera antropogénica. Esta clasificación es la más adoptada para establecer estudios de calidad e impacto ambiental y modelos de manejo de contaminantes (Gómez-Orea, 2003; Canter, 1998). Los elementos ambientales considerados son: el medio físico inerte, que incluyó aspectos de geología, hidrología, climas, orografía; el medio físico biótico (tipos de ecosistemas, vegetación, riqueza de flora y fauna); y el medio antropogénico (población y rasgos socio-económicos). Basado en información de fuentes gubernamentales a nivel federal, estatal y municipal para determinar la zona de estudio correspondientes al estado de Tamaulipas (INEGI 2011, 1997a, 1997b).

Descripción del medio físico-biótico

Para la descripción del medio físico-biótico se recopiló información sobre el tipo de flora y fauna que prevalece en la región, así como las zonas ecológicas, el tipo de suelo, su vegetación y las áreas naturales protegidas existentes. (CONABIO, 2010; INEGI, 2011)

Descripción del medio físico-inerte

Para la descripción del medio físico-inerte se recopiló información sobre los aspectos hidrográficos, climatológicos, orográficos, geológicos, geográficos, fisiológicos por medio de bibliografía gubernamental (CONABIO 2010, INEGI 2011) a nivel federal, estatal y municipal para determinar las diferentes áreas de estudio.

Descripción del medio socio-económico

En la parte socio-económica se realizó un estudio de gabinete con una recopilación de información sobre tendencias demográficas, distribución de la población en los medios urbano y rural, nivel de vida, escolaridad, ocupación, servicios sanitarios y sobre la problemática ambiental vista desde la sociedad, para determinar las

distintas zonas de estudio correspondientes al estado de Tamaulipas (COESPO, 2009; INEGI, 2011; Gobierno del Estado de Tamaulipas, 2011).

Recolección de la Información

Para la recolección de información se revisaron diferentes fuentes bibliográficas como el Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas, 2011, del INEGI, Secretaría de Energía (SERNER) y del IPCC, todo esto para los municipios de la zona de estudio del trabajo de investigación. La clasificación de GEI se basó en el Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas (INEGI, 2011), con datos del año 2010, en el que seleccionan los 4 tipos de transporte usados en nuestra zona de estudio: terrestre, aéreo, marítimo y ferroviario.

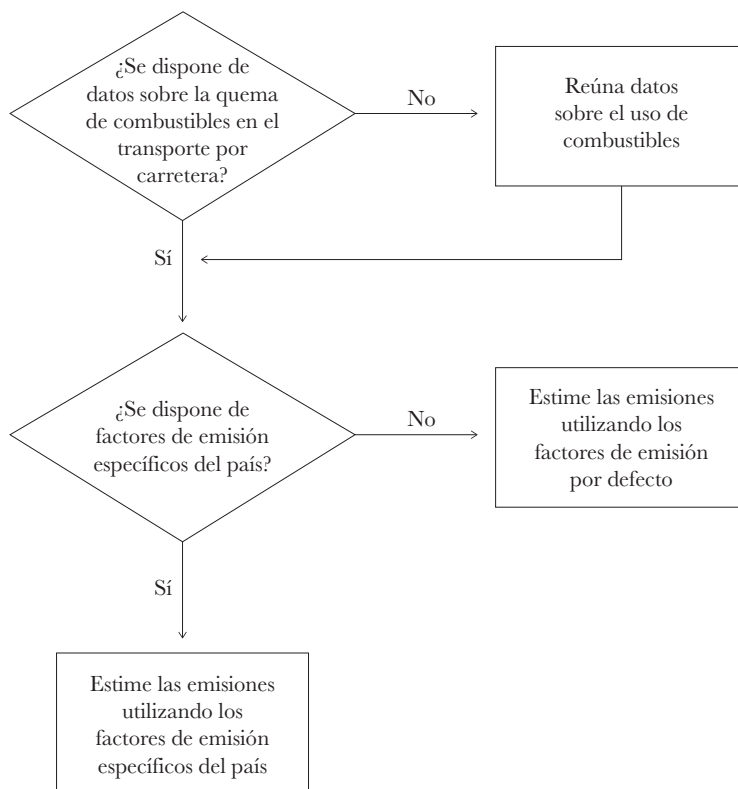
Aplicación de los protocolos del IPCC

Se realizó un análisis de investigación de páginas y documentos oficiales respecto a trabajos anteriores realizados. Se agruparon los datos obtenidos de los sitios oficiales en tablas de cálculo de Excel para hacer más fácil el procedimiento de operaciones. La agrupación se hizo de acuerdo con los tipos de vehículos y combustible en las Zonas de Estudio. Agrupados los datos, se agruparon los vehículos por tipo de Servicio y Combustible, siguiente de esto se realizó la búsqueda de Eficiencias Energéticas para los diferentes tipos de vehículos, también se realizó la búsqueda de la distancia media de barcos y ferrocarriles y el número total anual de despegues de aviones en la Zona de Estudio. Para terminar, multiplicaron los datos para así obtener un solo dato para cada tipo de vehículo y para cada tipo de combustible y poder así realizar la operación en el Software del IPCC versión 1996.

Integración de la línea base de GEI

En este estudio se utilizaron los Anuarios Estadísticos del INEGI, reportados para el Estado de Tamaulipas en 2011, se estimaron las emisiones de los vehículos automotores para cada año de acuerdo a la flota vehicular existente en ese mismo año, utilizando el software del IPCC versión 1996. Se calcularon los factores de emisión de CH_4 , CO_2 , COVDM, NO_x y N_2O , a través de los modelos del manual de referencias del IPCC de 1996, dentro del Sector de Energía. El total de carbono contenido en los combustibles debería convertirse en CO_2 , sin embargo, los procesos de combustión reales no son perfectos, y en consecuencia se producen pequeñas cantidades de carbono parcialmente oxidado y no oxidado. La forma adecuada de calcular las emisiones de CO_2 es considerando la cantidad y el tipo de combustible utilizado y su contenido de carbono, en la Figura 3 se muestra el Árbol de decisiones que se utilizó para orientar el cálculo de emisiones de CO_2 procedentes de fuentes móviles.

Figura 13.3 Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CO₂ procedentes de los vehículos de carretera



Fuente: Falconi Silvana, 2011

Este describe el proceso de cálculo de las emisiones procedentes del subsector del transporte. Se pueden aplicar dos métodos diferentes, uno basado en los kilómetros recorridos por cada vehículo y otro basado en el consumo de combustible. Existen dos niveles para realizar los cálculos de estimación de emisiones de gases, el Nivel 1, concentra el cálculo de las emisiones a partir del contenido del carbono en los combustibles o por tipo de actividad de combustión (categoría de fuente) (Gómez, 2009). En el Nivel 2 se estiman las emisiones procedentes de los aviones y las emisiones fugitivas de metano procedentes de la manipulación de carbono, del petróleo y gas natural.

Estimación de Emisiones de CO₂

Para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de fuentes móviles, se utilizó el Método de Nivel 1 (IPCC 1996), se calcularon las emisiones de CO₂, de acuerdo

a la información estadística del consumo de combustible y se convirtió a unidades de energía, multiplicándolo por el factor de emisión, para obtener el contenido de carbono, a éste se resta el carbono almacenado para obtener el carbono no oxidado, se multiplica por la fracción oxidada de carbono y finalmente convirtiendo el carbono oxidado a emisiones de CO₂. Este método se describe en la siguiente ecuación:

$$Emisiones = \sum_j [(Factor\ de\ emisión\ j * Combustible\ consumido\ j) - Carbono\ almacenado] * Fracción\ oxidada\ j * 44/12$$

Dónde:

j : tipo de combustible

Cuando no existen factores de oxidación nacionales, la opción es utilizar datos de los factores por omisión propuestos por el IPCC, Manual de referencia VIII, 1996:

Tabla 13.5. Fracción del Carbono Oxidado

Fracción del Carbono Oxidado	
Carbón*	0.98
Petróleo y Derivado del Petróleo	0.99
Gas	0.995
Turba para Generación de Electricidad**	0.99

* Esta cifra es promedio global pero varía para los distintos tipos de carbón y puede ser solo de 0.91

** La fracción correspondiente a la turba usada en hogares puede ser menor.

El factor de emisión del carbono se multiplica por las unidades de energía del tipo de combustible para obtener el total del contenido del carbono, el carbón almacenado generado por vehículo, éste se multiplica por la fracción del carbono oxidado dando como resultado la emisión total de CO₂ (IPCC, 1996).

Estimación de factores de Emisiones de CH₄, CO, COVDM, NO_x y N₂O

La estimación de factores de emisiones de CH₄, CO, COVDM, NO_x y N₂O, utiliza los parámetros:

1. Tamaño total de la flota
2. Acumulación anual de kilómetros por clase de vehículo
3. Distribución del año modelo (edad) de los vehículos por clase de vehículo
4. Distribución media de velocidad por tipo de camino
5. Distribución de kilómetros viajados por tipo del camino
6. Temperatura (mínima/máxima)
7. Características del combustible (presión del vapor de Reid)

Y los parámetros más importantes para las emisiones: altitud, humedad relativa, arranques diarios por tipo de vehículo, carga solar y uso de aire acondicionado.

Con estos datos se corrió el modelo del manual de referencia del IPCC de 1996, se tomaron los datos resultantes de los factores de emisión para cada gas y clase vehicular. Los factores de emisión calculados corresponden a CO, COVDM, N₂O, NO_x y CH₄. Respecto a los HC, el modelo da los factores de emisión para todos aquellos HC que son emitidos por los vehículos tales como: hidrocarburo no metálico, evaporativas, de escape, de llenado combustible, en operación y reposo, los cuales se consideraron en el cálculo de emisiones.

Balance de Masa para el Cálculo de Emisiones de SO₂

Las emisiones de SO₂ se calculan por balance de masa de acuerdo al manual VI del inventario de emisiones vehiculares.

$$ESO_x = Comb_f * p_f * S_f * 2$$

Dónde:

ESO_x, f: Emisión de SO_x del combustible f (gasolina o diésel)

Comb f: Consumo total de combustible

2: Factor de conversión de masa de azufre a masa de SO_x (como SO₂)

Pf: Densidad del combustible f (kg/lit)

Sf: Contenido de azufre (fracción de masa) del combustible f (%)

El contenido de azufre en el combustible se calculó para todos los años de acuerdo con la NOM- 086-ECOL-1994 como se muestra en la Tabla 13.6. Los poderes caloríficos pueden consultarse en el Balance Nacional de Energía.

Ingeniería del Transporte y Alternativas de Mitigación de GEI

Se realizó una investigación con bases de datos especializadas de ACS, AMS, Annual Reviews 2012 Sciences Collection, BioONE, Cambridge University Press,

EBSCO, Elsevier Science Direct Freedom Collection, Emerald, Springer Link, Thomson Reuters y Wiley.

Tabla 13.6. Contenido promedio de Azufre en combustibles

Combustible	% de Azufre
Carbón	1
Combustóleo	4
Diésel	0.5
GLP	0.014
Gas Natural	0.258
Queroseno	0.3
Gasolina	0.1
Gasolinas	
Nova	0.15
Magno ZMVM	0.05
Magna RP	0.1
Premium	0.05

Recolección de la Información

Se analizaron páginas de internet y documentos oficiales respecto a los Gases de Efecto Invernadero en Tamaulipas, en la zona fronteriza del estado que conforman los Municipios de Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo, Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Matamoros y Valle Hermoso. Para la zona del valle de San Fernando conformado por los municipios de Burgos, Cruillas, Méndez y San Fernando. Para la zona centro que conforman los municipios de Abasolo, Güémez Hidalgo, Jiménez, Llera, Mainero, Padilla, San Carlos, San Nicolás, Soto la Marina, Victoria, Villa de Casas y Villagrán. Para la región del altiplano conformado por los municipios de Bustamante, Jaumave, Miquihuana, Palmillas y Tula. Para la región de Mante conformada por Antiguo Morelos, Gómez Farías, Mante, Nuevo Morelos, Ocampo y Xicoténcatl. Y finalmente, para la región sur conformada por los municipios de Aldama, Altamira, González, Madero y Tampico.

Para la recolección de Información de GEI se recaudaron datos del Anuario Estadístico de Tamaulipas del año 2011, proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) así como también de la Base de Datos Institucional de Petróleos Mexicanos (PEMEX), se obtuvieron también datos de la Secretaría de Energía (SENER), del Panel Intergubernamental del Cambio

Climático se obtuvieron los factores de Emisión de Carbono para los diferentes tipos de combustibles, todo esto para las zonas de estudio que conforman las dos regiones Altiplano y Mante. Del Anuario Estadístico de Tamaulipas Edición 2011 se obtuvieron los siguientes datos para el año 2010:

- Población
- Kilómetros de carreteras
- Kilómetros de carreteras federales
- Total de automóviles, camión para pasajeros, camiones y camionetas para carga y motocicletas
- Vehículos oficiales, públicos y particulares.
- Vehículos por tipo de combustible (gasolina y diésel)

Teniendo los datos por municipio se agruparon en una tabla en Excel por región y municipios. Luego se estableció una nueva tabla de los automóviles de acuerdo al tipo de combustible que necesitan para su funcionamiento.

Se clasificaron los vehículos que requieren gasolina son:

1. Automóviles
2. Taxis
3. Transportes ligeros de pasajeros
4. Motocicletas

Los vehículos que requieren diésel son:

1. Autobuses
2. Camiones pesados (tráiler)

Con la información obtenida y ya clasificada por categorías, por tipo de vehículos y tipo de combustible se procedió con la búsqueda de las eficiencias energéticas de los vehículos para también clasificarlas en una tabla en archivo Excel. Las eficiencias energéticas para los vehículos de tipo: Compacto, Sub Compacto, Uso Múltiple, Camión Ligero clase 1 y Camión Ligero clase 2 se obtuvieron del Diario Oficial de la Federación. Se realizó la búsqueda de la distancia media por cada tipo de vehículo. La cantidad de MegaJoules por litro que contiene cada tipo de combustible se obtuvo de un archivo PDF de la Universidad del Estado de Iowa en Estados Unidos de América. Se procedió a convertir los kilómetros por litro a litros por kilómetro, se obtuvo dividiendo 1 entre los kilómetros por litro, esto se hizo para todos los tipos de automóviles. Ya con estos datos se realizaron otra operación para convertir en MegaJoules que es el sistema de medida que tenemos que utilizar según el IPCC, por lo que se multiplico los litros por kilómetro correspondientes

a cada tipo de automóvil por la cantidad de MegaJoules por litro de cada tipo de combustible. Se desarrolló una última tabla por tipo de combustible en la que se agrupo el tipo vehículo, el número de unidades obtenidas, la Distancia Media y la Eficiencia energética obtenida y el Factor de Uso de cada Combustible obtenido de los Libros del IPCC. Se procedió a multiplicar las Unidades Totales de Vehículos, la Distancia Media, la Eficiencia Energética y el Factor de Uso para la obtención de Cantidad de Combustible en MegaJoules, este dato obtenido es el que se usará en la tabla del software del IPCC versión 1996 para los cálculos de GEI en la zona de Estudio (Fernández, 2004).

13.4 Propuesta aplicación de protocolos IPCC

Como ejemplo de los resultados se presenta solo la región sur de Tamaulipas.

Región sur

El estudio se realizó en 2010 y los datos de la Zona de Estudio, fueron: población de cada municipio, kilómetros de carreteras por municipio, clases de vehículo, tipo de servicio y tipo de vehículo, todo esto para realizar los cálculos de transporte carretero. El tipo de vehículo se clasificó por automóviles, camiones de pasajeros, camiones y camionetas para carga y motocicletas. En la clasificación por Tipo de Servicio, se clasificaron por Oficiales, Públicos y Particulares, obteniendo una gran cantidad de automóviles particulares para ese año en el transporte carretero, seguido de una menor cantidad de tipo oficial. En la extensión de la red carretera existente se determinó cuántos kilómetros en promedio recorren los automóviles y de esta manera determinar el consumo de combustible y el kilometraje anual recorrido y poder obtener el consumo energético que necesitó el vehículo para moverse en Terajoules anuales. También se obtuvieron los siguientes datos:

1. Salidas y llegadas de aviones
2. Atraco de barcos
3. Kilómetros de vías férreas
4. Población y carreteras por tipo
5. Automóviles y tipo de automóviles

Se agrupó el total de Automóviles por categoría y tipo de combustible para su funcionamiento, así como el total de kilómetros de vías, arribos y cabotajes de barcos, despegues y aterrizajes de aviones de la Zona de Estudio. En la Tabla 13.7 se presentan datos de Eficiencia Energética para los Tipos y Categorías de Vehículos, los rendimientos según sea el tipo de automóvil y las fuentes de las que se extrajeron estos datos.

Tabla 13.7 Eficiencias Energéticas y Rendimientos de Vehículos

Eficiencias Energéticas	
Rendimientos	km/lt
Sub Compactos	16.47
Compactos	14.39
Uso Múltiple	9.7
Camión ligero clase 1	8.61
Camión ligero clase 2	8.51
Jet***	2,424
Motos****	25

Fuentes:

*** The simple science of flight. Henk Tenekes. (2009). Massachusetts Institute of technology MIT. Página 2. Párrafo 2.

**** Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana. Página 72.

<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt322.pdf>

13.5 Conclusiones

En Tamaulipas, en la región del Valle de San Fernando las emisiones totales fueron de 2 129.35 MtCO₂-Eq anuales de donde San Fernando obtuvo una concentración de 1 640.81 MtCO₂-Eq, seguido de Méndez con 203.68 MtCO₂-Eq, en tercer lugar, Burgos con 183.72 MtCO₂-Eq, y por último Cruillas con 101.14 MtCO₂-Eq. Las emisiones son proporcionales a la extensión territorial de cada municipio. San Fernando, con una extensión territorial de 6,917.90km₂ aporta el 77% de emisiones totales de GEI. Este municipio representa más de la mitad de las concentraciones de toda la zona de estudio. La región cuenta con una infraestructura carretera que permite la comunicación con el centro y norte del estado de Tamaulipas, es una zona de paso mediante la carretera federal No. 101 Ciudad Victoria-Matamoras la principal vía de acceso, lo cual provoca la aglomeración de emisiones de CO₂.

Para la región centro se estimó una cantidad de 1 7280.50 MtCO₂eq. El municipio con mayor emisión es Victoria, 74%, un municipio pequeño territorialmente, en comparación a los demás municipios de la región centro, capital del estado, en la cual se generan más de la mitad del total de gases de esa región con 12 770.7, ya que en dicho municipio se encuentra una gran flota vehicular, vías ferroviarias y el aeropuerto, siendo el único municipio que cuenta con tres categorías de transporte. En cuanto a las fuentes emisoras, la gasolina es el combustible con

mayor número de emisiones de GEI con 11 821.89 MtCO₂Eq; en segundo lugar, el diésel, con 5 007.69 MtCO₂Eq los cuales son 97% de las emisiones en la región. Por lo tanto, se puede concluir que en la región centro de Tamaulipas la principal fuente de emisiones son los auto motores de gasolina con un 68%.

En la región del Altiplano, el municipio con mayor porcentaje de emisiones es Tula con un 61% del total de la región y el 39% restante de los demás municipios. Y en la región Mante el municipio El Mante es el que tiene mayor porcentaje de emisiones con un 71%, es donde se concentra la zona urbana. La región del altiplano por su posición geográfica en el estado no le favorece en cuestiones de modernización debido a su caracterización del suelo, su orografía, en total esta región contribuye 0.16 MtCO₂eq por kilómetro cuadrado. Para el transporte que se traslada por carretera, las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Gasolina resultó emitir más contaminación al aire en comparación con el diésel que es el que emite mucho menor gas a la atmósfera.

Una de las medidas mitigadoras de Gases de Efecto Invernadero para Tamaulipas y en especial en las regiones de estudio es el cambio del parque vehicular ya que podría ser de gran ayuda para disminuir la contaminación del aire.

Lista de referencias

- Canter, L. W. (1998). *Manual de evaluación de impacto ambiental*. McGraw-Hill. Colombia.
- COCEF (2010). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Tamaulipas y proyecciones de casos de referencia 1990-2025*. Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza. Ciudad Juárez, Chihuahua. México. 132 p. p.
- CONABIO (2010). *Portal de geoinformación*, Sistema Nacional de Información sobre biodiversidad. Consultado el 12/enero/ 2016 en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Falconi, S. (2011). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de fuentes móviles en el Estado de Tabasco*. Tesis de Licenciatura. División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Cunduacán, Tabasco. 60 p. p.
- Fernández, R. (2004). Cómo la ingeniería de transporte puede contribuir a la mejoría del ambiente urbano en Gestión Ambiental de Tránsito. *Eure (Vol. XXIX, N° 89)*. Santiago de Chile. 97-107 p. p.
- García, J. (2010). *Evaluación de alternativas de transporte de CO₂; un factor clave para mitigar el cambio climático*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. UNAM. México. 85 p. p.
- Gómez-Orea, D. (2003). *Evaluación de impacto ambiental*. 2ª ed. Madrid: MundiPrensa. 749 pp.
- INECC (2016). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Consultado 08/04/2016 en <http://www.inecc.gob.mx/cpcc-lineas/597-cpcc-inventario>.
- INEGI (2011). Anuario estadístico de Tamaulipas 2010. Consultado 09/02/2016 en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aeel1/estatal/tamps/default.htm>.
- IPCC (2007): *Summary for Policymakers in Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom: Cambridge University Press. 996 p. p.
- Jankilevich, S. (2003). Las cumbres mundiales sobre el medio ambiente Estocolmo, Río y Johannesburgo, 30 años de historia ambiental. *Documento de Trabajo N° 106*. Universidad de Belgrano. Buenos Aires, Argentina. 32 p.p.
- Metz, B. y Coninck, H. (2005). *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 57 p. p.
- PNUMA (2000). Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Edición 1. Nairobi, Kenya. 41 p.p.
- Ruiz, L. (2004). Los Gases de Efecto Invernadero y sus emisiones en México en *Cambio Climático: Una visión desde México*, (Martínez, J. y Fernández, A.). México. Pág. 109-122

- Sheinbaum, C. (2000). Metodología para la elaboración del inventario de Gases De Efecto Invernadero asociado al consumo de energía en México. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México. 106 p. p.
- SEMARNAT (2009). *Cambio climático. Ciencia, Evidencia y Acciones*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tlalpan, México. 81 pp.
- Sotelo, J.; Sotelo, M.; y Tolón, A. (2011). Las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte por carretera. *Investigaciones geográficas, N° 34*, 133 – 169 p.p.
- Tokunaga, Kanae; Eby Konan, Denise. (2014). Home grown or imported? Biofuels life cycle GHG emissions in electricity generation and transportation en *Applied Energy*. Vol. 125. p.p. 123-131.
- UNFCCC (2009). *Protocolo de Kyoto*. Consultado el 12/12/2015 en http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php.

Capítulo 14

La importancia de la conciencia ambiental, la conducta sustentable y las barreras contextuales para la formulación de modelos de educación pro ambiental

Luis Jonás González del Ángel¹

Marcos Alfredo Azuara Hernández²

Luis Álvaro Zavala³

José Francisco Cantú Dávila⁴

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería,
Campus Tampico-Madero, 89337. Tampico, México

* autor de correspondencia. e-mail: ljonas@docentes.uat.edu.mx

Resumen

La presente investigación se enfoca en dar a conocer cuáles son los principales factores que intervienen en la formulación de modelos de educación ambiental, los cuales toma principalmente a la conciencia ambiental y la conducta ecológica. En un sujeto tienden a tener una estrecha relación debido a sus barreras contextuales las cuales implican que se lleve a cabo una conducta ecológica más sustentable. Por ello se estudia la importancia de tomarlas en cuenta en el momento de formular nuevos modelos de educación ambiental que obtengan mayor eficiencia en sus resultados y preste a los profesionistas una mejor rentabilidad en la toma de decisiones pro ambientales.

Palabras clave: Conciencia ambiental • Conducta sustentable • Educación ambiental

¹ Doctor en Medioambiente.

² Doctor en Medioambiente.

³ Doctor en Medioambiente.

⁴ Doctor en Medioambiente.

14.1 Introducción

En la actualidad se observa un marcado desequilibrio entre el desarrollo del mundo cada vez más globalizado y el ambiente, problema que debe ser atendido por las Universidades, asumiendo la responsabilidad de estar comprometidas a través de la docencia, investigación y extensión con el objetivo de diseñar el futuro, tanto de sí mismas, como de la sociedad en la que se encuentran inmersas.

El modelo de desarrollo económico actual ha traído como consecuencia una serie de problemas ambientales como la pérdida de suelos, de recursos hídricos, contaminación de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, contaminación visual, cambio climático, deforestación y pérdida de la biodiversidad, los cuales han afectado gravemente a los ecosistemas del planeta. De no afrontarse este deterioro a corto plazo, se pueden tener dificultades de escasez de los recursos naturales renovables y no renovables. (Rodríguez & Hernández, 2012)

Estos recursos naturales vienen experimentando un deterioro creciente que se ha agudizado en las últimas décadas. Ante el inicio de un nuevo siglo y un nuevo milenio, el uso de los recursos naturales se ha estado efectuando de una manera acelerada y desordenada, lo cual ha conducido al agotamiento de muchos de ellos y la escasez y degradación irreversible de otros. Esta situación ha inducido la necesidad de realizar un planteamiento a nivel global, dirigido a fundamentar la importancia de la preservación de los recursos y el cuidado del medio ambiente, así como su planificación y gestión de un modo sostenible. Durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro y denominada como “Cumbre de la Tierra”, se analizó la situación de los recursos naturales del planeta y el deterioro del medio ambiente junto con sus respectivas consecuencias de un alarmante deterioro debido a las actividades antropogénicas. (Quiva & Vera, 2010).

En los últimos años, se ha comenzado a discutir sobre la ciencia y la tecnología de la sustentabilidad, intentando solucionar problemas de orden teórico y práctico, especialmente referidos a la integración de las disciplinas en los estudios sobre el medio ambiente, el cual se puede definir como el entorno vital, o sea el conjunto de factores físico-naturales, estéticos, culturales, sociales y económicos que interaccionan con el individuo y con la comunidad en que vive. El concepto Medio Ambiente implica directa e íntimamente al hombre, ya que se concibe, no sólo como aquello que rodea al hombre en el ámbito espacial, sino que además incluye el factor tiempo, es decir, el uso que de ese espacio hace la humanidad referido a la herencia cultural e histórica. El Medio Ambiente es fuente de recursos que abastece al ser humano de las materias primas y energía que necesita para su desarrollo sobre el planeta. Ahora bien, sólo una parte de estos recursos es

renovable y se requiere, por tanto, un tratamiento cuidadoso para evitar que un uso anárquico de aquellos nos conduzca a una situación irreversible. (Ruberto, 1993)

Los actuales planteos sobre la ciencia y la tecnología relacionados a las investigaciones ambientales, enmarcados en la problemática sostenible del desarrollo, se basan principalmente en dos facetas: en cambios en la comprensión del mundo, y en cambios en la naturaleza de la toma de decisiones. (Giannuzzo, 2010). La Universidad, como entidad docente e investigadora, debería ser el principal agente de cambio en la medida que proporcione respuestas a los problemas y a los retos de la sociedad actual, es decir, vincularse con el ambiente y con temas asociados a la ética, paz, derechos humanos, participación protagónica, la salud, la pobreza, la sustentabilidad, la conservación de la diversidad biológica, el patrimonio cultural, la economía, el desarrollo, el consumo responsable, la democracia y bienestar social, en este sentido se requiere que desarrolle procesos educativos ambientales que promuevan y fortalezcan el derecho a la participación de los ciudadanos y comunidad en general. (Quiva & Vera, 2010). La complejidad de la problemática ambiental necesita respuestas y soluciones y por ello exige que el hombre reaccione y pase, tal como señala (Freire,1982), de una “inmersión sumisa” a la “inmersión crítica”, que conduzca a la “conciencia liberadora”. Por estas razones el hombre necesita una alfabetización ambiental, que requiere:

1. el conocimiento de la realidad ambiental y la identificación de sus problemas,
2. la comprensión de los procesos sociales, históricos y ecológicos.
3. el desarrollo de una sensibilidad ambiental y
4. la búsqueda de soluciones y medios de acción disponibles (Pinto, 2003).

14.2 Fundamentos

La Conciencia Sustentable y Conducta Ecológica

Se plantea la necesidad de fomentar una Conciencia Sustentable que conlleve posteriormente a una Conducta Sustentable mediante el desarrollo de una cultura de valores ambientalistas, en la que la universidad y el docente están llamados a ayudar a lograr este objetivo.

Primeramente se debe entender el significado del término “Conciencia Sustentable” para lo cual es primordial que se tenga claro lo que quiere decir el concepto “conciencia” el cual se puede definir como un rasgo fundamental de la humanidad del sujeto al ser característico de la especie humana, una pieza clave de nuestra evolución, el término es sumamente utilizado y conocido por todos, sin embargo no es bien sabido lo que significa ya que hasta el día de hoy no existe una

definición consensuada de conciencia, se puede decir que es el estado subjetivo de percibir algo, dentro o fuera de nosotros, en un proceso activo de interpretación y construcción de datos externos y de la memoria relacionándoles entre sí (Valcárcel, 2011).

En este sentido, la conciencia no es un término, actividad, producto o característica, sino un proceso activo de percepción y construcción de información en relación a una temática específica. No sólo es un proceso llevado a cabo por el ser humano, sino que es el que permite al sujeto dar cuenta de su entorno y de su existencia dentro de él, de manera que no sólo piensa el mundo sino que es capaz de pensarse como parte de él (Valcárcel, 2011). Ahora bien el tener una conciencia sustentable permite actuar de manera responsable, promoviendo el equilibrio entre ser humano, desarrollo y medio ambiente, de manera que sea posible repercutir de manera positiva en diversos ámbitos.

Es posible pensar en la conciencia sustentable como: un proceso subjetivo y cambiante, que implica la reflexividad del individuo respecto a su entorno y a sí mismo, en vías de la satisfacción de necesidades de la población actual, promoviendo el cuidado y conservación de los recursos para las generaciones futuras, manteniendo un equilibrio entre naturaleza, hombre y cultura (Espinosa, 2015).

Para que un individuo adquiera un compromiso con el desarrollo sostenible tal que integre la variable ambiental como valor en su toma de decisiones diaria es necesario que éste alcance un grado adecuado de conciencia ambiental o conciencia sustentable a partir de unos niveles mínimos en sus dimensiones cognitiva, afectiva, activa y conativa. Estos niveles actúan de forma sinérgica y dependen del ámbito geográfico, social, económico, cultural o educativo en el cual el individuo se posiciona. (Martínez, 2008).

Aunque la reflexividad es un proceso común en el ser humano, que éste la emplee en temas de relevancia social es sumamente complicado, ya que las condiciones mismas de su existencia están enfocadas en el consumismo de lo que (Heidegger, 1995) llamaba *Avidez* de novedades, desde programas de televisión, modas o aparatos electrónicos modernos, la reflexividad del individuo se basa en conseguir, obtener o apropiarse de aquello que resulta novedoso, sin importar si lo necesita o si realmente lo desea (Espinosa, 2015).

Si bien no existe un camino único hacia la sustentabilidad, ni un modelo específico que pueda guiarnos en la formación de una conciencia en relación a ella, es posible proponer un modo por el que podría llevarse a cabo la reflexión de nuestra forma de vida y las implicaciones de nuestras acciones en el entorno en el que nos desenvolvemos, de manera que se proponen los siguientes pasos que podría ayudar a generar una conciencia sustentable.

Autoconocimiento y Condiciones Actuales de Vida

Antes que nada es fundamental conocer la propia persona, es decir las causas de nuestro pensamiento y actuar, ya que es imposible conocer el exterior si se desconocen las propias motivaciones, de manera que es necesario crear conciencia de nuestra propia persona para poder generarla respecto a nuestro actuar y al entorno

- Análisis de las condiciones actuales de vida. Las condiciones de vida actuales están marcadas por el hiperconsumo característico del modo de producción capitalista. En el que lo que resulta importante es la individualidad y las posesiones materiales.
- Análisis de las repercusiones de la forma de vida actual. Este análisis necesariamente tendría que incluir las consecuencias del hiperconsumo y el desinterés social como un factor fundamental en la degradación del ambiente, lo que podría ser el inicio de la toma de conciencia sustentable
- Conocimiento de la relevancia de la sustentabilidad. Hecho el análisis de las condiciones de vida, el conocer la relevancia de la sustentabilidad como un nuevo paradigma para mermar dichas condiciones resulta de suma importancia, ya que el análisis permite dar cuenta de las problemáticas y de la importancia de tomar acciones para solucionarlas y el paradigma de la sustentabilidad funge entonces como un medio para llevarlo a cabo.

Interés en el otro y el futuro .El análisis de las problemáticas generales y de la sustentabilidad en el otro comienza a generar interés en el otro y en el futuro, pues ya que se ha generado una conciencia respecto a las problemáticas y establecido una manera de intervenir mediante soluciones sustentables, existe el reconocimiento de la importancia del otro en el propio desarrollo a partir del reflejo de las acciones positivas de las personas en la forma de vida de quienes lo rodean, razón por la que la conciencia y forma de vida sustentable comienza a forjar lazos sociales en los que resulta evidente la necesaria convivencia para llevar a cabo una actividad tan importante como salvar el planeta. (Espinosa, 2015)

Al adquirir el individuo una conciencia sustentable sólida, esto lo conlleva a desarrollar una Conducta ecológica, este comportamiento se define como el conjunto de acciones efectivas y deliberadas que tienen como finalidad el cuidado de los recursos naturales y socioculturales necesarios para garantizar el bienestar presente y futuro de la humanidad (Corral, 2010; Corral & Pinheiro, 2004). El interés por la Conducta Sustentable ha derivado en una diversidad de estudios que abordan las visiones del mundo como inductoras de conductas proambientales (Dunlap, Van Liere, Mertig, & Jones, 2000), la afinidad por la naturaleza y por la diversidad

(Schultz, 2000; Corral, Bonnes, Tapia, Fraijo, Frías, & Carrus, 2009), las actitudes proambientales y su papel en la conservación del entorno (Tylor & Tood, 1998), los motivos que despliegan las personas para cuidar el medio (Vinining & Ebreo, 2002), las normas y valores que orientan a la sustentabilidad (Bolzán de Campos & Pol, 2009; Schultz, 2001), los dilemas sociales que culminan en la depredación de recursos naturales (González & Américo, 2001; Sevillano & Aragonés, 2009), el desarrollo de habilidades para la solución de problemas ambientales (Stern, 2002), y el rol del tiempo psicológico especialmente el futuro en la conducta sustentable (Joreiman, Van Lange & Van Vugt, 2004; Corral & Pinheiro, 2006), entre muchos otros, generando modelos explicativos de las posibles relaciones entre los factores que determinan la Conducta Sustentable y esta conducta, con el fin de comprender en su complejidad el comportamiento de cuidado del ambiente socio-físico. (Verdugo & Guedea, 2011).

La noción de conducta sustentable considera que el uso responsable de los recursos naturales implica acciones deliberadas (tal y como lo contempla la definición de Conducta Sustentable), que se traducen en la renovación y conservación de los bienes empleados, sin detrimento de las condiciones ambientales para futuros consumidores de esos mismos recursos (Corral, Carrus, Bonnes, Moser, & Sinha, 2008). De esa manera, se fusionan dos preocupaciones: la de conservación físico-ambiental y la socio-ambiental en un solo concepto: sustentabilidad. Esto implica que una persona sustentable se preocupa tanto por conservar los recursos del medio natural, como por la integridad y bienestar de los seres humanos, y actúa en consecuencia con esa preocupación. El comportamiento orientado a la sustentabilidad incluye entonces a los entornos social y físico como focos de cuidado, así como a las dimensiones de temporalidad (hacia el futuro), deliberación (intencionalidad) y efectividad (competencia) en las acciones pro-ambientales y pro-sociales que lo constituyen (Verdugo & Guedea, 2011).

14.3 Metodología

Influencias Contextuales

Las influencias contextuales externas afectan el cumplimiento personal de los comportamientos (ecológicos). Como consecuencia del coste, tiempo y oportunidades, los comportamientos entre los individuos son diferentes según el grado de dificultad para realizarlos (Barceló, 2005). Si las barreras para un comportamiento ecológico en forma de coste, tiempo invertido e incomodidades son muy altas, de poco servirá que los individuos tengan una elevada conciencia ambiental, ni buenas intenciones para superar dichas barreras ni pensar en verse recompensados por el reconocimiento social. Esto significa que la incoherencia

entre actitud ambiental y comportamiento ecológico será mayor cuanto mayor sea la importancia de los factores contextuales. Si las barreras son bajas, será más fácil que una elevada conciencia ambiental se haga efectiva en el correspondiente comportamiento ecológico.

Si se quiere que la gente cambie su comportamiento, primero hay que crear una estructura de oportunidades que facilite ese cambio de comportamiento o que reduzca la necesidad de moverse tanto. Otra posibilidad de promover un comportamiento ecológico en la población consiste en dificultar el comportamiento no ecológico poniendo barreras contextuales. De tal modo que la implementación de multas, normas y leyes en contra de las conductas no ecológicas (como tirar basura en la calle), son, en cierta forma, prometedoras para estos casos. Aparentemente, el problema del comportamiento ecológico puede radicar en el hecho de que los individuos se comportan de forma poco consistente, de tal modo que unas veces tienen un comportamiento ecológico y otras no. Esto hace que no puedan sacarse conclusiones generales observando comportamientos parciales. (Barceló, 2005)

Sin embargo, el comportamiento ecológico negativo no se debe a aspectos psicológicos -tales como que los sujetos son poco consistentes en sus conductas-, sino a aspectos más sociológicos en los que intervienen los factores contextuales. Cabe mencionar que unos comportamientos son más fáciles de realizar que otros, y ese aspecto es el relevante en el análisis de las conductas de la población. Puede decirse, por tanto, que la probabilidad de realizar un comportamiento específico tendrá su aumento más fuerte con la subida del nivel de comportamiento ecológico general de una persona en el campo central, donde los comportamientos no son ni muy fáciles ni muy difíciles de realizar. Consideramos necesario distinguir entre las posibilidades de realizar o de no realizar un comportamiento que lleve asociado cierta dificultad, porque la respuesta de los individuos depende de muchos factores y por lo tanto puede cambiar de un día a otro.

14.4 Propuesta CA y CE en la educación ambiental

Para que el individuo desarrolle una conciencia sustentable que lo conlleve a una conducta sustentable es necesario en muchas ocasiones implementar la llamada Educación Ambiental.

La Educación Ambiental (EA) o Educación para la Sostenibilidad (ES) debe pretender ser ese activador de la conciencia ambiental o conciencia sustentable de la persona (Martínez, 2008), ahora bien la Educación Ambiental se puede definir como el proceso que posibilita la formación de un hombre capaz de comprender la complejidad producida en el ambiente por la interacción de sus componentes naturales y socio-culturales, a la vez que le permite ser crítico, emitir juicios de

valor y adoptar normas de comportamiento cónsonas con estos juicios; además, se entiende como la realización de un conjunto de actividades integradas en un proceso sistemático y permanente, desarrolladas a través de múltiples medios, dirigidas a promover cambios de comportamiento en todos los sectores de la población, que evidencian la adopción de nuevos valores orientados hacia la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente cuya finalidad última sea, mejorar en forma constante las condiciones de vida de las generaciones actuales y futuras. (Pinto, 2003).

El origen de la Educación Ambiental, comienza frecuentemente con un claro tinte conservacionista e impulsado por la creciente conciencia del deterioro del medio; las experiencias pioneras se relacionan con itinerarios y actividades en la naturaleza, salidas al campo entre otras, impulsadas por grupos de maestros y profesores innovadores e inquietos que, en distintos países, conseguirán respaldo de instituciones, creándose organismos, con el de “Council for Environmental Education” (1968), que intenta coordinar tal pluralidad de actividades. (Vera, Quiva, & Luis, 2010)

La Educación Ambiental (EA), es un campo en constante proceso de desarrollo y reformulación tanto a nivel mundial, nacional y regional. Se origina a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo, Suecia, en junio de 1972. En la declaración de principios se plantea a la EA, como una alternativa para que las sociedades internacionales promuevan el cuidado y conservación de la naturaleza.

En el marco de las consideraciones expuestas, la EA, de acuerdo con (González, 1998), es un proceso por medio del cual el individuo toma conciencia de su realidad global, permitiéndole evaluar las relaciones de interdependencia existentes entre la sociedad y su medio natural, si bien no es gestora de los procesos de cambio social, sí cumple un papel fundamental como agente fortalecedor y catalizador de dichos procesos transformadores. Otra enunciación es la que menciona la (UNESCO, 2002) en donde se plantea que la EA ya no debe ser vista como un fin en sí misma, sino como una herramienta fundamental para realizar cambios en el conocimiento, los valores, la conducta, la cultura y los estilos de vida para alcanzar la sustentabilidad. (Quiva & Vera, 2010)

Es evidente entonces que a la EA, no sólo le incumbe enseñar elementos físicos, sino también deben considerarse aspectos culturales, sociales, éticos y biológicos, entre otros. Los objetivos de la EA están implícitos en las propuestas ambientales: a) Lograr que los actores sociales, en forma individual o colectiva, comprendan la naturaleza compleja del medio ambiente natural, así como del creado por el hombre, que es el resultado de la interacción de sus aspectos biológicos, físicos, sociales, económicos y culturales. b) Adquirir los valores, la conducta, cambio

de cultura, comportamientos y habilidades prácticas para prevenir y solucionar los problemas ambientales (Quiva & Vera, 2010).

En ese mismo sentido, (Corral, 1998) y (Vega y Álvarez, 2005), afirman que el tener conocimiento acerca de los problemas ambientales ejerce una influencia positiva en la conducta de los individuos, pero no basta, ya que la adquisición de habilidades y destrezas obtenidas de la práctica, produce mayores resultados en acciones de protección ambiental que aquellas resultantes del conocimiento.

Por otra parte, la educación ambiental, según (Corral, 1998) debe procurar dar información, referente a los problemas del medio y sus soluciones, ya que dan como resultado un cambio de responsabilidad hacia el entorno. El conocimiento difundido debe hacerse con base en hechos y no en meras opiniones o suposiciones. No basta con poseer conocimientos sobre estrategias de acción, es necesario adquirir habilidades instrumentales que permitan cuidar el entorno de manera sistemática y efectiva. Poner en práctica las habilidades lo inclina con mayor fuerza a querer cuidar el ambiente con la finalidad de conservarlo y protegerlo. (Quiva & Vera, 2010)

En tal sentido la educación es fundamental para adquirir conciencia, valores y actitudes, técnicas y comportamientos ecológicos y éticos en consonancia con el desarrollo sostenible. “La educación ambiental es el proceso permanente de carácter interdisciplinario destinado a la formación de una ciudadanía que reconozca valores, aclare conceptos y desarrolle las habilidades y las actitudes necesarias para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante” según la Ley N°19.300 de Chile (Chile, 1994).

14.5 Conclusiones

Las influencias contextuales externas afectan el cumplimiento personal de los comportamientos ecológicos. Como consecuencia del coste, tiempo y oportunidades, los comportamientos entre los individuos son diferentes según el grado de dificultad para realizarlos (Barceló, 2005). Si las barreras para un comportamiento ecológico son muy altas, de poco servirá que los individuos tengan una elevada conciencia ambiental, ni buenas intenciones para superar dichas barreras ni pensar en verse recompensados por el reconocimiento social, por lo que significa que la incoherencia entre actitud ambiental y comportamiento ecológico será mayor cuanto mayor sea la importancia de los factores contextuales. El camino más eficaz para promover un comportamiento ecológico en la población consiste muchas veces en hacer desaparecer las barreras contextuales o, por lo menos, en reducirlas.

La importancia de introducir estos conceptos en la generación de nuevos modelos de educación ambiental, es necesaria ya que las actuales herramientas para

medir la conciencia ambiental y la conducta ecológica no involucran las barreras contextuales, lo que significa que estas no son consideradas al elaborar modelos de EA adecuados.

Es necesario implementar nuevos modelos de EA los cuales lleven al estudiante a reducir o invertir estas barreras para el desarrollo de conductas ecológicas más sustentables de forma personal, conociendo los niveles de CA y CE de una población, al igual que un estudio cuantificable de las barreras contextuales podemos llegar a formular un modelo de EA apropiado para las nuevas generaciones logrando CE más sustentables y rentables en los profesionistas.

Lista de referencias

- Barceló, V. C. (2005). *Conciencia Ambiental E Influencias Contextuales Afectan El Comportamiento Ecológico Del Ser Humano*. Zúrich Universidad de Ciencias Aplicadas Winterthur, Suiz.
- Chile, C. N. (1994 de marzo de 1994). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30667>
- Espinosa, R. R. (2015). Eumed.net. Obtenido de Alternativas Sustentables De Participación Comunitaria Para El Cuidado Del Medio Ambiente: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2016/1515/conciencia.htm>
- Giannuzzo, A. N. (marzo de 2010). *Scientiae Studia*. Obtenido de Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000100006
- Martínez, A. G. (2008). *La Conciencia Ambiental Como Herramienta Para La Educación Ambiental: Conclusiones y Reflexiones De Un Estudio En El Ámbito Universitario. Innovación Curricular y Práctica Psicosocioeducativa*, 2.
- Martínez, A. G. (2008). *La Conciencia Ambiental Como Herramienta Para La Educacion Ambiental: Conclusiones Y Reflexiones De Un Estudio En El Ambito Universitario. Innovación Curricular y Práctica Psicosocioeducativa*, 2-3.
- Pinto, E. P. (2003). *HACIA UNA CONCIENCIA AMBIENTAL. EDUCERE, ARTÍCULOS ARBITRADOS*, 35.
- Pinto, E. P. (2003). *HACIA UNA CONCIENCIA AMBIENTAL. EDUCERE, ARTÍCULOS ARBITRADOS*, 35-36.
- Quiva, D., & Vera, L. (2010). La educación ambiental como herramienta para promover el desarrollo sostenible. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 378.
- Rodríguez, A. E., & HERNÁNDEZ, A. F. (2012). *EDUCACIÓN AMBIENTAL ESCOLAR Y COMUNITARIA EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR*. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 1174.
- Ruberto, I. A. (1993). "guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. en ingeniería sanitaria y ambiental. Madrid España: mundi-prensa.
- Valcárcel, L. Á. (2011). *cerebro, mente y conciencia*. obtenido de cerebro, mente y conciencia: <http://bloc.mabosch.info/wp-content/uploads/2011/12/CEREBRO,%20MENTE%20Y%20CONCIENCIA.pdf>
- Vera, Quiva, D., & Luis. (2010). La educación ambiental como herramienta para promover el desarrollo sostenible. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 380-382.

Verdugo, V. C., & Guedea, R. L. (2011). El rol de los eventos antecedentes y consecuentes en la conducta sustentable. *Revista mexicana de análisis de la conducta*.

Ingeniería, ciencia, tecnología e innovación en la cadena de conocimiento, coordinado por María Dolores Gracia Guzmán, Ricardo Tobías Jaramillo y Roberto Pichardo Ramírez, publicado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Colofón, se terminó de imprimir en agosto de 2019 en los talleres de Ultradigital Press S.A. de C.V. Centeno 195, Col. Valle del Sur, C.P. 09819, Ciudad de México. El tiraje consta de 300 ejemplares impresos de forma digital en papel Cultural de 75 gramos. El cuidado editorial estuvo a cargo del Consejo de Publicaciones UAT.

