

Año 11, Número 3, 2024

# REAXXION

Ciencia y tecnología universitaria

XXXIII

ISSN: 2007 - 7750



**Controles activos para vehículos eléctricos con estimación en torque**

**Desarrollo de app con realidad aumentada para promoción de la Universidad Tecnológica de Manzanillo**

**Análisis de empresas B para la mejora de prácticas empresariales en México.**

**Gestión y desarrollo de las pymes en la cabecera de La Huerta, Jalisco**





**UTL**

**LEÓN**

# Directorio

---

**Jorge Enrique Hernández Meza**

*Secretario de Educación de Guanajuato*

**José Christian Padilla Navarro**

*Rector de la Universidad Tecnológica de León*

**José Ernesto López Juárez**

*Secretario Académico*

---

**Olga Rebeca Ledesma García**

*Directora de Desarrollo Académico y Docente*

**José de Jesús Mendoza Rivas**

*Director de Económico Administrativo*

**Eduardo Pérez Gutiérrez**

*Director de Tecnologías Emergentes Industriales e Informáticas*

**Ma. de Jesús Armenta Ortiz**

*Subdirectora de Económico Administrativo*

**José Jaime Ávila Morales**

*Subdirector de la Unidad Académica del Sureste*

**Laura Paulina Badillo Canchola**

*Subdirectora de Tecnologías Emergentes Industriales e Informáticas*

**Martha Betzabé Murillo**

**Hernandez**

*Subdirectora de Industrial Sustentable*

# Comité Editorial

---

**Liliana González Arredondo**

*Directora Editorial*

**Pedro Andrés Meza Torres**

*Aseguramiento de calidad*

**Daniel Israel Rodríguez Gante**

*Diseño web*

**Laura Elizabeth Martínez Olaz**

*Diseño gráfico y editorial*

**María de la Luz García Cárdenas**

*Corrección Editorial*

**Jessica Sandoval Palomares**

*Representante de Área de la Dirección de Desarrollo Académico y Docente*

**Ma. Guadalupe Serrano Torres**

*Representante de Área de la Dirección Económico-Administrativa*

**Roberto Gutiérrez Guerra**

*Representante de Área de la Dirección de Tecnologías Emergentes Industriales e Informáticas*

**Anahí Torres Tinoco**

*Representante de Área de la Dirección de Tecnologías Emergentes Industriales e Informáticas*

**J. Guadalupe Santos Gómez**

*Representante de Área de la Dirección de Tecnologías Emergentes Industriales e Informáticas*

**Mayra Verónica Barrera**

**Figueroa**

*Representante de la Unidad Académica del Sureste*





## Carta editorial

Reacción Año 11, número 3

Es un placer presentar ante el público lector el trigésimo tercer número de la revista Reacción.

En este ejemplar, los horizontes de la divulgación transitan por las áreas de las Ingenierías y de las Ciencias Sociales y Economía.

Como es sabido, la ciencia busca encontrar la verdad, y se encuentra estrechamente relacionada con la tecnología, cuyo propósito es lograr una transformación del entorno a fin de satisfacer de la mejor manera las necesidades humanas. A partir de estas premisas, en el proceso del avance del conocimiento y del desarrollo tecnológico es posible asumir que las personas investigadoras o desarrolladoras han partido de observaciones y preguntas diversas, a las cuales tratan de dar solución.

En este orden de ideas, los autores de **Controles activos para vehículos eléctricos con estimación en torque**, a través de su investigación dan respuesta a interrogantes tales como: en la industria automotriz, ¿existen alternativas diferentes y más eficientes para establecer modos de control en la dirección asistida de los vehículos?, ¿cuál es el desarrollo matemático que puede llevar a estimar los algoritmos de los controles?, ¿a través de controles de bajo costo se puede ayudar a mejorar la maniobrabilidad de un vehículo eléctrico? Esta colaboración proporciona respuestas sólidas ante estas y otras interrogantes.

Siguiendo en el eje de las Ingenierías, los autores de **Desarrollo de app con realidad aumentada para promoción de la Universidad Tecnológica de Manzanillo**, mediante su texto exploran y responden a cuestiones como las siguientes: ¿cómo hacer una presentación atractiva de las características y ventajas de la institución ante el público objetivo para cursar su carrera profesional?, ¿cómo aprovechar las tecnologías emergentes para la difusión de la oferta académica y vida estudiantil ante las y los jóvenes que están por terminar el bachillerato?, ¿una aplicación móvil atraerá más estudiantes?



Por otra parte, en el eje de las Ciencias Sociales y la Economía, las autoras de **Análisis de empresas B para la mejora de prácticas empresariales en México**, y considerando un entorno cuya sostenibilidad requiere el compromiso y participación de las organizaciones, plantean la búsqueda de respuestas ante preguntas como: más allá de las disposiciones normativas, ¿están las empresas mexicanas dispuestas a medir voluntariamente su impacto ambiental y social?, ¿los modelos de negocio sustentables pueden llevar a una creación sostenida de valor?, ¿en qué son diferentes las empresas no certificadas en comparación con aquellas que sí lo están?

En este mismo eje de conocimiento, las personas autoras de **Gestión y desarrollo de las pymes en la cabecera de La Huerta, Jalisco**, hacen notar la sustantiva contribución de las pequeñas y medianas empresas al desarrollo de las comunidades, lo que se refleja en los indicadores de empleo y producto interno bruto, y sin embargo observan que estas unidades económicas enfrentan múltiples dificultades; su aportación explora planteamientos tales como: ¿cuáles son las principales dificultades que enfrenta este sector organizacional?, ¿cómo puede una institución local de educación superior apoyar en el mejoramiento de la gestión en estas organizaciones?

La expectativa del Comité Editorial es que este diálogo implícito entre personas autoras y personas lectoras de Reacción contribuya a mejorar la panorámica sobre los tópicos presentados, y genere a su vez nuevas inquietudes susceptibles de abordarse a través de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

**A t e n t a m e n t e .**

**Comité Editorial**



# Índice

**7.** Controles activos para vehículos eléctricos con estimación en torque

**23.** Desarrollo de app con realidad aumentada para promoción de la Universidad Tecnológica de Manzanillo

**36.** Análisis de empresas B para la mejora de prácticas empresariales en México.

**47.** Gestión y desarrollo de las pymes en la cabecera de La Huerta, Jalisco

---

REAXXION



# Controles activos para vehículos eléctricos con estimación en torque

*Active controls for electric vehicles with torque estimation*

Sergio Sandoval Pérez, Juan Miguel González López, Manuel Brambila Pelayo y Roberto Carlos Díaz Velazco /

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán / Universidad de Colima

## Resumen

En este artículo de investigación, se propone un controlador y un observador no lineal de tres grados de libertad para velocidad lateral controlada y torque de neumáticos por retroalimentación de estados, en comparación con un control PID (proporcional integral derivativo), aplicando una función de Lyapunov. Este trabajo muestra el desarrollo matemático de las estimaciones que se enviarán a los algoritmos de dos controles activos no lineales (retroalimentación de estado y PID), utilizando los resultados de las simulaciones en Matlab-Simulink del par de los neumáticos, de las velocidades lateral y angular de viraje, desde la medición de la velocidad longitudinal, con ganancias dinámicas a partir de la entrada de maniobra de dirección por parte del conductor bajo la norma internacional ISO 7401/2011, concluyendo que el observador es robusto y tiene eficiencia de ahorro en el par de los neumáticos, incluso con condiciones variables de fricción neumático-suelo. .

**Palabras clave:** controlador, observador, Lyapunov, torque.

## Abstract

In this research paper, a three degree of freedom non linear controller and observer is proposed for controlled lateral speed and tire torque by state feedback, compared to PID (proportional integral derivative) control, applying a Lyapunov function. This work shows the mathematical development of the estimates that will be sent to the algorithms of two non linear active controls (state feedback and PID), using the results of the Matlab-Simulink simulations of the pair of tires, lateral speeds and turning angle, from the measurement of longitudinal speed, with dynamic gains from the steering maneuver input by the driver under the international standard ISO 7401/2011, concluding that the observer is robust and has saving efficiency in the pair of tires, even with varying tire-ground friction conditions.

**Keywords:** controller, observer, Lyapunov, torque

## Introducción

El control activo en un vehículo puede establecer una ayuda al conductor o conductora en las maniobras que se realizan al automóvil, incrementando de manera más segura su maniobrabilidad, especialmente en situaciones críticas. Estas acciones activas incluyen la estabilidad de viraje<sup>1, 2</sup>, sistemas de frenado<sup>3, 4</sup>, la suspensión<sup>5, 6</sup>, adherencia de las llantas al suelo<sup>7, 8</sup> y el control integrado del automóvil<sup>9, 10</sup>.

Se han investigado diversos enfoques de control en estos sistemas activos. En Zhang *et al.*<sup>11</sup> (2019) se toma en cuenta el coeficiente de adhesión llanta-suelo mediante un control robusto de antibloqueo en los frenos ABS con la asistencia de un sistema de suspensión activa (ASS). El análisis en las partes y componentes del sistema de frenado también han sido estudiados para prevenir la severidad y criticidad en las fallas de los componentes con la finalidad de reducir costos de mantenimiento<sup>12</sup>.

Otras investigaciones se han centrado en los sistemas de recuperación de energía con algunos controles predictivos y neuro-difusos relacionando el frenado y la suspensión<sup>13</sup>. Además se establecen estudios importantes para mejorar el confort y la estabilidad en las vibraciones del vehículo, por lo que se han investigado diferentes enfoques de control basado en modelos, en señales de retroalimentación y control óptimo. Como en Li *et al.* (2017)<sup>14</sup>, utilizan un controlador para mejorar los movimientos *pitch*, y *roll* en sistemas no lineales con disturbios, utilizando control proporcional derivativo (PD) o *fuzzy* para las fuerzas de los actuadores (amortiguadores). Las suspensiones hidráulicas-electrónicas con sistema de aire pueden ser ajustadas por un controlador, por ejemplo el difuso, que supera a las suspensiones pasivas, reflejándose en la maniobrabilidad y confort de viaje en el automóvil<sup>15</sup>, sin olvidar que en la actualidad

se proponen sistemas de control doble integrativo, lo cual activa en la suspensión dos actuadores hidráulicos con un controlador activo<sup>16</sup>. Por lo anterior, tanto la suspensión como el frenado deben considerarse al mismo tiempo para la estabilidad en condiciones de subviraje y sobreviraje. En Nahidi *et al.* (2017)<sup>17</sup> desarrollan un sistema de control modular para los automóviles eléctricos (EV) y mejoran la estabilidad en los movimientos longitudinales y laterales del vehículo. En Lenzo *et al.* (2017 y 2021)<sup>18, 19</sup> consideran ángulos *slips* (deslizamientos) en casos de sobreviraje para sistemas de una entrada simple una salida simple (SISO). Sin embargo, para los vehículos eléctricos de motores independientes en rueda, el movimiento longitudinal y lateral puede ser controlado por la distribución de manejo y torque de frenado regenerativo para sistemas multi-entrada multi-salida (MIMO) sobre todo en problemas del actuador (cuatro motores independientes de rueda) considerando ángulos *slips* en las llantas<sup>20</sup>.

Debido a la complejidad en el control al utilizar varios motores y sistemas de propulsión distribuidos en las ruedas, se han implementado diversas estrategias de control para lograr la estabilidad deseada. En Xie *et al.* (2018)<sup>21</sup> se utiliza control de lógica difusa y de retroalimentación de estados. De forma diferente, Tota y colaboradores/as (2018)<sup>22</sup> implementan el control de par continuo presentado en las ruedas individuales mediante modos deslizantes. Por otro lado, Ataei *et al.* (2020)<sup>23</sup> presentan un controlador multiobjeto integrado para los vehículos eléctricos (EV) que puede considerarse un control *slip* en tracción y frenado, control de estabilidad lateral, maniobrabilidad y prevención roll (guiñada), unificándose para estas maniobras con un modelo de control predictivo (MPC).



Para la velocidad de rueda y la aceleración de chasis se puede estimar la máxima fricción neumático-suelo y se puede utilizar un control *fuzzy* (difuso) que usa la salida de torque para el control de ángulos *slips*, comprobando sus resultados en alguna plataforma Hardware-in-Loop (HiL)<sup>24</sup>. Por lo tanto, en las diferentes propuestas de control para los motores de corriente continua Brushless se utilizan controladores de momento *yaw* (viraje), velocidad *yaw* y ángulos de deslizamiento *slip* para motores de las cuatro ruedas del EV, mediante controladores integrados como pueden ser PID, modos de deslizamiento, control adaptable y *fuzzy* con algoritmos de control con diferentes maniobras de conducción<sup>25</sup>. Se ha considerado también el control integrado del vector de torque activo (ATV) y control de estabilidad electrónico (ESC)<sup>26</sup>, además del momento de *yaw* directo (DYC), el cual utiliza el concepto de eficiencia de energía en el manejo del torque del motor<sup>27</sup>, y el vector de torque trasero (TV), donde es habilitado para los motores eléctricos independientes en el eje trasero, controlando las dinámicas no lineales laterales del vehículo<sup>28</sup> o para la maniobrabilidad activa frontal (AFS)<sup>29</sup>. Es importante comentar que, en algunas propuestas, las soluciones al estudio del torque del motor del EV o los motores de las ruedas del vehículo eléctrico son simuladas para la validación de los controles y observadores en plataformas comerciales como Matlab-Simulink<sup>30,31,32</sup>, CarSim<sup>33</sup>, u otras plataformas de diseño propio como Hardware-in-the-Loop (HiL)<sup>34,35</sup>, sin mencionar que en las diferentes investigaciones analizadas de esta introducción, no existe un estudio del torque en las llantas del EV donde se consideren las perturbaciones de viento y la aplicación de señales reales de sensores del automóvil para el diseño del control y estimación de estabilidad del vehículo eléctrico, por lo que en este artículo de investigación se propone un controlador de retroalimentación de

estados considerando los disturbios de aire en un modelo matemático del EV con un coeficiente de fricción variable entre neumático-suelo y la estimación de la velocidad lateral, el torque y el momento *yaw* trasero del automóvil, comprobándose la estabilidad del observador con señales controladas mediante una función de Lyapunov, además de ofrecer una eficiencia de ahorro de torque del motor del eje trasero del vehículo eléctrico, comparándose con un controlador clásico PID de uso comercial.

## Objetivo

Realizar un controlador con observador de retroalimentación de estados y compararlo con un control PID, utilizando un mismo sistema de referencia para la autonomía del automóvil, además de demostrar el ahorro de torque de las llantas del eje trasero del vehículo eléctrico.

## Planteamiento del problema

Existen controladores y estimadores para las dinámicas y variables físicas del vehículo eléctrico en sistemas de autonomía vehicular de diferentes autores en áreas automotrices, pero sin la experiencia de transmitir el conocimiento de este tipo de controles a bajo costo y sin acceso universal al conocimiento.

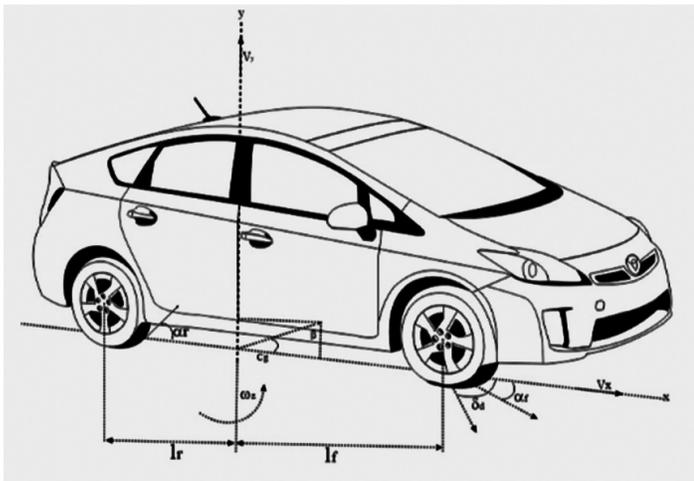
## Método de trabajo

### A. Modelo matemático del vehículo

El modelo matemático del vehículo puede ser generalmente un cuerpo rígido moviéndose en un espacio de tres grados de libertad, conectado con la superficie terrestre a través de las llantas, el cual otorga un modelo de comportamiento no lineal. Los actuadores para esta aplicación son: conducción frontal activo (AFS, Active

Front Steer) o conducción por cable (Sbw, Steer by Wire) y frenos activos. Esta complejidad de los sistemas no lineales puede ser disminuida considerando lo siguiente:

- Para estudiar la estabilidad y /o maniobrabilidad se analizarán solo las dinámicas de la velocidad lateral y velocidad angular de viraje. El actuador de frenos activos,  $M_z$ , servirá para crear una diferencia de fuerzas en el frenado, generando un momento de giro alrededor del eje z, afectando también las dinámicas de la velocidad lateral.
- La dinámica del ángulo *pitch* no es considerada. El sistema es un cuerpo rígido. Por lo tanto se puede tomar en cuenta la Figura 1, con las dinámicas no lineales del vehículo que se generan en el llamado modelo de la bicicleta<sup>36</sup>.



**Figura 1.** Modelo no lineal del vehículo (elaboración propia)

El modelo matemático propuesto se analiza a partir de las ecuaciones siguientes:

El modelo matemático propuesto se analiza a partir de las ecuaciones siguientes:

$$m(\dot{v}_x - v_y \omega_z) = \mu [F_{f,x}(\delta_{ce} + \delta_d, x, \alpha_{fx}) + F_{r,x}(x, \alpha_{rx})] - mh\dot{\omega}_z + F_{dx} \quad (1)$$

$$m(\dot{v}_y + v_x \omega_z) = \mu [F_{f,y}(\delta_{ce} + \delta_d, x, \alpha_{fy}) + F_{r,y}(x, \alpha_{ry})] + F_{dy} \quad (2)$$

$$J\dot{\omega}_z = \mu [l_f F_{f,y}(\delta_{ce} + \delta_d, x, \alpha_{fy}) - l_r F_{r,y}(x, \alpha_{ry})] + M_z + M_{dz} \quad (3)$$

Donde,  $m$  es la masa del automóvil (kg),  $J$  el momento de inercia del vehículo ( $kg \cdot m^2$ ),  $h$  la altura del centro de gravedad (C.G) con respecto al suelo (m);  $l_f$ ,  $l_r$ , longitud desde el centro del vehículo hacia la llanta frontal y trasera (m),  $r$  el radio rodante de la llanta (m),  $v_x$  la velocidad longitudinal (m/s),  $v_y$  velocidad lateral (m/s),  $\omega_z$  es la velocidad angular de viraje (rad),  $x = [v_x, v_y, \omega_z]$  el vector compacto del estado del vehículo,  $\alpha_{fy} = \alpha_{fyl} = \alpha_{fyr}$ ,  $\alpha_{ry} = \alpha_{ryl} = \alpha_{ryr}$  los ángulos de deslizamiento laterales frontal y trasero de las llantas izquierda y derecha (rad);  $\alpha_{f0}$ ,  $\alpha_{rx0}$  son los ángulos de deslizamiento lateral frontal y longitudinal trasero sin control respectivamente (rad),  $\alpha_{fx} = \alpha_{fxl} = \alpha_{fxr}$ ,  $\alpha_{rx} = \alpha_{rxl} = \alpha_{rxr}$  los ángulos de deslizamiento longitudinales frontal y trasero de las ruedas izquierda y derecha (rad),

$\delta_{ce}$ ,  $\delta_d$  son componentes del ángulo de la llanta impuesto por el controlador y el conductor respectivamente (rad),  $M_z$  el momento de viraje resultado de los frenos activos ( $N \cdot m$ ),  $\mu$  es el coeficiente de fricción entre la llanta y el suelo,  $F_{dx}$ ,  $F_{dy}$  son las fuerzas aerodinámicas longitudinal y lateral (N),  $M_{dz}$  es la perturbación aerodinámica externa de viraje ( $N \cdot m$ ),  $F_{f,x}$ ,  $F_{r,x}$  son las fuerzas frontales y traseras longitudinales de las ruedas (N),  $F_{f,y}$ ,  $F_{r,y}$  las fuerzas laterales frontal y trasera (N) en función del ángulo impuesto a las llantas frontales ( $\delta = \delta_d + \delta_{ce}$ ).



Además los ángulos de deslizamiento lateral de las llantas se definen de la siguiente manera:

$$\alpha_{fy} = \delta_{ce} + \alpha_{f,0} = \delta_{ce} + \delta_d \frac{v_{y'} + r\omega_z}{v_x} \quad (4)$$

$$\alpha_{ry} = -\frac{v_{y'} - r\omega_z}{v_x} \quad (5)$$

También los ángulos de deslizamiento longitudinal se consideran de esta forma:

$$\alpha_{fx} = -\frac{v_x - \omega_{fxl}r}{v_x} = -\frac{v_x - \omega_{fxr}r}{v_x} \quad (6)$$

$$\alpha_{rx} = -\frac{v_x - \omega_{rxl}r}{v_x} = -\frac{v_x - \omega_{rxr}r}{v_x} \quad (7)$$

$$\alpha_{rx0} = -\frac{v_x - \omega_{rx0l}r}{v_x} = -\frac{v_x - \omega_{rx0r}r}{v_x} \quad (8)$$

Además las aceleraciones angulares de las llantas traseras izquierda y derecha se establecen, proponiendo:

$$\dot{\omega}_{rxl} = \frac{1}{J_n} [T_n - F_{rxl}r - F_{rozl}r] \quad (9)$$

$$\dot{\omega}_{rxr} = \frac{1}{J_n} [T_n - F_{rxr}r - F_{rozr}r] \quad (10)$$

Considerando a  $\omega_{fxl}, \omega_{fxr}$ , velocidades angulares frontales izquierda y derecha de las llantas controladas (*rad*),  $\omega_{rx0l}, \omega_{rx0r}$ , velocidades de revoluciones en las ruedas traseras izquierda y derecha sin control (*rad*),  $T_n$ , el torque de manejo y frenado aplicado al neumático,  $T_n = M_z r / T$  ( $N \cdot m$ ),  $J_n$ , momento de inercia de la llanta ( $kg \cdot m^2$ ),  $T$ , ancho de la banda de rodadura del neumático (*m*),  $F_{rxl}, F_{rxr}$ , las fuerzas traseras longitudinales izquierda y derecha de la rueda respectivamente ( $F_{rxl} + F_{rxr} = F_{r,x}$ ) y  $F_{rozl}, F_{rozr}$ , las fuerzas de rozamiento para las llantas en el eje *z* (*N*), con<sub>37</sub>:

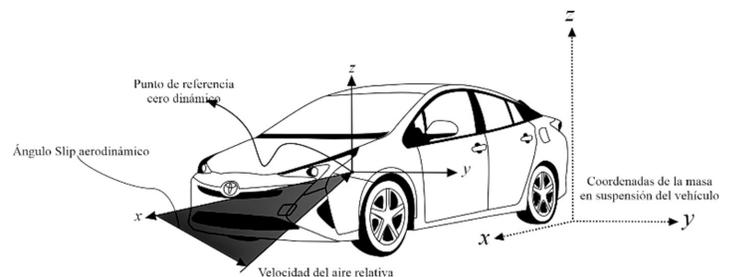
$$F_{rozl} = F_{rozl} [\mu_0 + \mu_1 (\omega_{rxl}r)^2] \quad (11)$$

$$F_{rozr} = F_{rozr} [\mu_0 + \mu_1 (\omega_{rxr}r)^2] \quad (12)$$

Y la fuerza normal  $F_{roz} = mg \cos(\alpha)$ , analizando que  $\alpha$ , sea el ángulo de pendiente del VE, que para nuestro caso está sobre una carretera plana, con  $\alpha \approx 0$ . Pero considerando la gravedad ( $g = 9.81m/s^2$ ). Y el coeficiente de arrastre que lo forma  $\mu_0$ , sugerido como asfalto promedio, además de  $\mu_1 = \mu$ , como coeficiente para el efecto de la velocidad en cada llanta trasera.

## B. Aerodinámica del vehículo

Los disturbios de viento que afectan la estabilidad del vehículo al moverse con respecto a las fuerzas longitudinales ( $F_{f,x} = F_{fxl} + F_{fxr}, F_{r,x}$ ), son la fuerza de perturbación de aire longitudinal  $F_{dx'}$  en dirección opuesta y con respecto a la fuerza lateral ( $F_{fy}, F_{ry}$ ), también se aplica una fuerza inversa lateral de disturbio de aire  $F_{dy}$ . Dependiendo del análisis de perturbación de viento sobre el chasis del automóvil, un disturbio aerodinámico de viraje se crea, denominado  $M_{dz}$ . Para analizar los componentes del viento es necesario identificar un sistema de coordenadas (*X,Y,Z*), el cual es un punto sobre el vehículo paralelo a las coordenadas de la masa en suspensión del automóvil (*x,y,z*), con el desplazamiento lateral que se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Punto de aerodinámica del vehículo (elaboración propia)

Las perturbaciones externas  $d$  pueden ser representadas como:

$$d = A_s(l_f + l_r)\rho c_\psi v_w^2 / 2 \quad (13)$$

Considerando:  $A_s$ , superficie del vehículo ( $m^2$ );  $\rho$  es la densidad de masa de aire ( $kg/m^3$ ),  $c_\psi$  coeficiente aerodinámico constante y  $v_w$  velocidad del aire ( $m/s$ ). Por lo tanto los disturbios de aire se obtienen de la siguiente manera<sup>38</sup>:

$$F_{dx} = -0.5 \cdot A_{s,f} \cdot \rho \cdot c_{a,x} \cdot v_{a,w,x}^2 \quad (14)$$

$$F_{dy} = -0.5 \cdot A_{s,l} \cdot \rho \cdot c_{a,y} \cdot v_{a,w,y}^2 \quad (15)$$

$$M_{dz} = 0 \quad (16)$$

Donde  $A_{s,f}$ ,  $A_{s,l}$  son la superficie frontal y lateral del vehículo ( $m^2$ ),  $c_{a,x}$ ,  $c_{a,y}$  son los coeficientes longitudinal, lateral aerodinámicos respectivamente y  $v_{a,w,x}$ ,  $v_{a,w,y}$  componentes de velocidad del viento en el eje  $x$ ,  $y$ , sobre la masa en suspensión del vehículo. Además, en la plataforma Matlab-Simulink se utilizan estos parámetros de disturbio de aire para establecerlas en condiciones reales, como son la velocidad del viento ( $V_{wind} = v_{w,0}$ ) con un ángulo global de viraje del aire ( $Yaw\ wind = \psi$ ), a partir de un ángulo de deslizamiento ( $slip$ ) aerodinámico ( $Beta\ air = \beta_0$ ) y velocidad relativa de viento ( $V_{air}$ ), ver Tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros para las simulaciones de las perturbaciones de viento (elaboración propia)

$v_{w,0} = 28\ m/s$	$\beta_0 = -22.5^\circ$
$A_{s,f} = 2.59\ m^2$	$A_{s,l} = 5.10\ m^2$
$c_{a,x} = 0.3$	$c_{a,y} = 0.6$
$\rho = 1.206\ kg/m^3$	$v_{a,w,z} = 0\ m/s$
$\psi = 225^\circ$	$V_{air} = 185\ km/h$

### C. Diseño del controlador por retroalimentación de estados

Para la parte del controlador se consideran las ecuaciones (1), (2) y (3), del modelo matemático del VE en forma de espacio de estados como propuesta de control:

$$\dot{v}_x = v_y \omega_z + \frac{\mu}{m} (F_{f,x}(x, \delta, \alpha_{fx}) + F_{r,x}(x, \alpha_{rx})) - h \dot{\omega}_z + \frac{F_{dx}}{m} \quad (17)$$

$$\dot{v}_y = -v_x \omega_z + \frac{\mu}{m} (F_{f,y}(x, \delta, \alpha_{fy}) + F_{r,y}(x, \alpha_{ry})) + \frac{F_{dy}}{m} \quad (18)$$

$$\dot{\omega}_z = \frac{\mu}{J} (l_f F_{f,y}(x, \delta, \alpha_f) - l_r F_{r,y}(x, \alpha_r)) + \frac{M_z}{J} + \frac{M_{dz}}{J} \quad (19)$$

La aceleración lateral puede ser expresada usando la segunda ley de Newton en términos de las fuerzas laterales de las llantas.

$$a_y = \frac{\mu}{m} (F_{f,y}(x, \delta, \alpha_{fy}) + F_{r,y}(x, \alpha_{ry})) \quad (20)$$

También la aceleración longitudinal se establece de la siguiente forma:

$$a_x = \frac{\mu}{m} (F_{f,x}(x, \delta, \alpha_{fx}) + F_{r,x}(x, \alpha_{rx})) \quad (21)$$

La fuerza lateral y longitudinal puede ser definida usando la fórmula mágica<sup>39</sup>:

$$F_{j,i} = D_{j,i} \sin(C_{j,i} \arctan(B_{j,i} \alpha_{ji})) \quad (22)$$

Con  $j=f, r$ ,  $i=x, y$ . Las constantes  $B_{j,i}$ ,  $C_{j,i}$ ,  $D_{j,i}$  en (1), (2) y (3) son determinadas experimentalmente (ver Tabla 2). Las entradas de control serán consideradas como el resultado del momento de viraje de los frenos activos  $M_z$ , del torque aplicado a los neumáticos traseros  $T_n$  y la diferencia en las fuerzas laterales frontales y longitudinales traseras de las llantas del VE:



$$\Delta F_{f_y} = F_{f_y} - F_{f_y0} \quad (23)$$

$$F_{f_y0} = F_{f_y}(\alpha_{f_y0}) \quad (24)$$

$$\Delta F_{r_x} = F_{r_x} - F_{r_x0} \quad (25)$$

$$F_{r_x0} = F_{r_x}(\alpha_{r_x0}) \quad (26)$$

Además, la entrada de control para la dirección asistida en los neumáticos frontales será  $\delta_{ce}$ , la cual puede ser determinada por (4) y (22), utilizando  $\alpha_{fy}$ :

$$\delta_{ce} = -\delta_d + \frac{v_y + l_f \omega_z}{v_x} + \frac{1}{B_{fy}} \left( \tan \left( \frac{1}{C_{fy}} \arcsin \left( \frac{F_{fy}}{D_{fy}} \right) \right) \right) \quad (27)$$

El principal objetivo del control es que la salida del sistema ( $v_x, v_y, \omega_z$ ), siga asintóticamente un sistema de referencia, el cual tiene como característica principal que sus derivadas son acotadas. El sistema de referencia es:

$$\dot{v}_{x,ref} = v_{y,ref} \omega_{z,ref} + \frac{\mu_{ref}}{m} (F_{fx,ref}(\delta_d, x_{ref}, \alpha_{fx,ref}) + F_{rx,ref}(x_{ref}, \alpha_{rx,ref})) \quad (28)$$

$$\dot{v}_{y,ref} = -\omega_{z,ref} v_x + \frac{\mu_{ref}}{m} (F_{fy,ref}(\delta_d, x_{ref}, \alpha_{fy,ref}) + F_{ry,ref}(x_{ref}, \alpha_{ry,ref})) \quad (29)$$

$$\dot{\omega}_{z,ref} = \frac{\mu_{ref}}{J_{ref}} (l_f F_{fy,ref} - l_r F_{ry,ref}) \quad (30)$$

$x_{ref} = (v_{x,ref}, v_{y,ref}, \omega_{z,ref})$  = Vector compacto de referencia del estado del vehículo.  $J_{ref} = J, \mu_{ref} = \mu$ , son parámetros apropiados y  $F_{fy,ref}, F_{ry,ref}, F_{fx,ref}, F_{rx,ref}$  (calculadas por ecuación 22), son curvas ideales dependiendo de:

$$\alpha_{fy,ref} = \delta_d - \frac{v_{y,ref} + l_f \omega_{z,ref}}{v_x} \quad (31)$$

$$\alpha_{ry,ref} = -\frac{v_{y,ref} - l_r \omega_{z,ref}}{v_x} \quad (32)$$

$$\alpha_{fx,ref} = -\frac{v_{x,ref} - \omega_{z,ref} l_f}{v_{x,ref}} = -\frac{v_{x,ref} - \omega_{z,ref} l_r}{v_{x,ref}} \quad (33)$$

$$\alpha_{rx,ref} = -\frac{v_{x,ref} - \omega_{z,ref} l_r}{v_{x,ref}} = -\frac{v_{x,ref} - \omega_{z,ref} l_f}{v_{x,ref}} \quad (34)$$

Para el diseño de control por linealización de retroalimentación de estados, el cual impondrá el comportamiento para las dinámicas de las velocidades lateral y de viraje, se realizará imponiendo la señal de referencia de (28), (29) y (30), a través de la implementación de las entradas  $\Delta F_{r_x}, \Delta F_{f_y}$  y  $M_z$ , por medio de la siguiente ley de control:

$$\dot{\omega}_z = d_1 = \dot{\omega}_{z,ref} - k_1 (\omega_z - \omega_{z,ref}) \quad (35)$$

$$\dot{v}_y = d_2 = \dot{v}_{y,ref} - k_2 (v_y - v_{y,ref}) \quad (36)$$

$$\dot{v}_x = d_3 = \dot{v}_{x,ref} - k_3 (v_x - v_{x,ref}) \quad (37)$$

Donde  $k_{ii} > 0, ii=1, 2, 3$ . Por lo tanto las entradas de control serán:

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta F_{r_x} \\ \Delta F_{f_y} \\ M_z \end{pmatrix} = C_{VE}^{-1} \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{pmatrix} \quad (38)$$

$$C_{VE} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{\mu l_f}{J} & \frac{1}{J} \\ 0 & \frac{\mu}{m} & 0 \\ \frac{\mu}{m} & -\frac{h \mu l_f}{J} & -\frac{h}{J} \end{pmatrix} \quad (39)$$

$$\varphi_1 = d_1 - \frac{\mu (l_f F_{fy0} - l_r F_{ry})}{J} - \frac{M_{dz}}{J} \quad (40)$$

$$\varphi_2 = d_2 + v_x \omega_z - \frac{\mu (F_{ry} + F_{fy0})}{m} - \frac{F_{dy}}{m} \quad (41)$$

$$\varphi_3 = d_3 - v_y \omega_z - \frac{\mu}{m} (F_{fx} + F_{rx0}) + \frac{h \mu}{J} (l_f F_{fy0} - l_r F_{ry}) + \frac{h M_{dz}}{J} - \frac{F_{dx}}{m} \quad (42)$$

Una de las consideraciones que se deben de tomar en cuenta es la inversión de la matriz  $C_{VE}$ , donde la primera columna depende del parámetro  $\mu$ , la cual será invertible si  $\mu \neq 0$  y su inverso:

$$C_{VE}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{mh}{\mu} & 0 & \frac{m}{\mu} \\ 0 & \frac{m}{\mu} & 0 \\ J & -ml_f & 0 \end{pmatrix} \quad (43)$$

### C. Diseño del observador por retroalimentación de estados

En algunas ocasiones no se tiene la medición de la velocidad lateral, por lo tanto es necesario diseñar un observador para estimar esta variable<sup>40,41,42,43</sup>. La aplicación en el control activo de esta variable estimada  $v_y$  será establecida como:

$$\hat{M}_z = -k_1 J (\omega_z - \omega_{z,ref}) + J \dot{\omega}_{z,ref} - \mu (\hat{F}_{f,y0} l_f - \hat{F}_{r,y} l_r) - M_{dz} - \mu l_f \Delta \hat{F}_{f,y} \quad (44)$$

$$\Delta \hat{F}_{f,y} = -k_2 (\hat{v}_y - v_{y,ref}) \frac{m}{\mu} + \frac{m}{\mu} \dot{v}_{y,ref} + \frac{m}{\mu} v_x \omega_z - \hat{F}_{f,y0} - \hat{F}_{r,y} - \frac{F_{dy}}{\mu} \quad (45)$$

$$\Delta \hat{F}_{r,x} = -k_3 (\hat{v}_x - v_{x,ref}) \frac{m}{\mu} + \frac{m}{\mu} \dot{v}_{x,ref} - \frac{m}{\mu} \hat{v}_y \omega_z - F_{r,x0} - \hat{F}_{r,x} + \frac{hm}{J} (F_{f,y0} l_f - F_{r,y} l_r) + \frac{hmM_{dz}}{\mu J} - \frac{F_{dx}}{\mu} + \frac{hmM_z}{\mu J} + \frac{hml_f \Delta \hat{F}_{f,y}}{J} \quad (46)$$

$$\hat{T}_n = \hat{M}_z \frac{r}{T} \quad (47)$$

Considerando:

$$\hat{F}_{f,y0} = D_{f,y} \sin (C_{f,y} \arctan B_{f,y} \hat{\alpha}_{f,0}) \quad (48)$$

$$\hat{F}_{r,y} = D_{r,y} \sin (C_{r,y} \arctan B_{r,y} \hat{\alpha}_r) \quad (49)$$

Estableciendo:

$$\hat{\alpha}_{f,0} = \delta_d - \frac{\hat{v}_y + l_f \omega_z}{v_x} \quad (50)$$

$$\hat{\alpha}_r = - \frac{\hat{v}_y - l_r \omega_z}{v_x} \quad (51)$$



Continuando con la suposición que  $a_x, a_y, v_x, \omega_{fix}, \omega_{fix}$ , son medidas, siendo una hipótesis aceptable en vehículos modernos, usualmente equipados con los sensores necesarios, además de poder hacerse mediciones con instrumentos como el Scanner Otofis de Autel y el Osciloscopio-multímetro Hantek para observar las variables y dinámicas. La propuesta del observador no lineal para la velocidad lateral es realizada como una copia de la planta en ecuación (1) y (2):

$$\hat{v}_x = \hat{v}_y \omega_z + a_x + k_{o1}(v_x - \hat{v}_x) + \frac{F_{dx}}{m} - h\dot{\omega}_z \quad (52)$$

$$\hat{v}_y = -\hat{v}_x \omega_z + a_y + (k_{o2} - \omega_z)(v_x - \hat{v}_x) + \frac{F_{dy}}{m} \quad (53)$$

Donde  $k_{o1}, k_{o2}$ , son las ganancias del observador determinadas por las ecuaciones (1), (2) y (52), (53), necesiéndose obtener los errores estimados:

$$e_{vx} = v_x - \hat{v}_x \quad (54)$$

$$e_{vy} = v_y - \hat{v}_y \quad (55)$$

Y los errores dinámicos:

$$\dot{e}_{vx} = -k_{o1} e_{vx} + \omega_z e_{vy} \quad (56)$$

$$\dot{e}_{vy} = -k_{o2} e_{vx} \quad (57)$$

Para (56) y (57) es lineal y variante en el tiempo el parámetro  $\omega_z$ . Esto puede asegurar la convergencia exponencial de la estimación de errores, asumiendo que la velocidad angular yaw  $\omega_z \neq 0$ , considerando que  $|\omega_z| \leq \omega_{z,min}$ , un cierto valor mínimo ( $\omega_{z,min}$ ), para todo tiempo  $t \geq 0$ . Estas consideraciones físicas son razonables, porque el vehículo es un sistema de energía finito, donde la velocidad angular yaw mínima es acotada. En las maniobras de entrada del volante del conductor al automóvil,  $\omega_z$  puede pasar a través de cero, pero no puede ser cero en un intervalo finito de tiempo y tampoco las fuerzas laterales de las llantas del vehículo, considerando que el automóvil no está estacionario.

El diseño de las ganancias  $k_{o1}, k_{o2}$  son obtenidas utilizando la siguiente función candidata de Lyapunov:

$$V(t, e) = \frac{1}{2} (\gamma_1 e_{vx}^2 + e_{vy}^2) - \kappa_1 \text{sign}(\omega_z) e_{vx} e_{vy} \quad (58)$$

Con  $\gamma_1 > \kappa_1^2 > 0, \kappa_1 \neq 0$ , y  $\text{sign}(\cdot)$  la función signum:

$$\text{sign}(\omega_z) = \begin{cases} 1 & \text{si } \omega_z > 0 \\ 0 & \text{si } \omega_z = 0 \\ -1 & \text{si } \omega_z < 0 \end{cases}$$

A partir de las consideraciones anteriores, se determina la derivada de la función candidata de Lyapunov en (58) y utilizando los errores dinámicos de (56) y (57), se obtiene lo siguiente:

$$\dot{V}(t, e) = \gamma_1 e_{vx} (-k_{o1} e_{vx} + \omega_z e_{vy}) + e_{vy} (-k_{o2} e_{vx}) - \kappa_1 \text{sign}(\omega_z) e_{vx} (-k_{o2} e_{vx}) - \kappa_1 \text{sign}(\omega_z) e_{vy} (-k_{o1} e_{vx} + \omega_z e_{vy}) - 2\kappa_1 \delta_D(\omega_z) \dot{\omega}_z e_{vx} e_{vy} \quad (59)$$

Donde la derivada  $\frac{d}{dt} \text{sign}(\omega_z) = 2\delta_D(\omega_z) \dot{\omega}_z$  (60)

Y la distribución de Dirac en  $\delta_D(\omega_z)$ , para  $|\omega_z| > 0$ , se considera cero ( $\delta_D(\omega_z) = 0$ ), obteniendo:

$$\dot{V}(t, e) = (-k_{o1} \gamma_1 + \kappa_1 k_{o2} \text{sign}(\omega_z)) e_{vx}^2 - \kappa_1 |\omega_z| e_{vy}^2 + (\gamma_1 \omega_z - \kappa_1 \gamma_1 + \kappa_1 k_{o1} \text{sign}(\omega_z)) e_{vx} e_{vy} \quad (61)$$

Esta ecuación (61) es resuelta por el método de Cramer para determinar las ganancias del observador:

$$k_{o1} = \frac{\kappa_1 \omega_z \min + \kappa_1 \gamma_1 \omega_z}{\gamma_1 - \kappa_1^2} \quad (62)$$

$$k_{o2} = \frac{\kappa_1^2 \text{sign}(\omega_z) \omega_z \min + \gamma_1^2 \omega_z}{\gamma_1 - \kappa_1^2} \quad (63)$$

Estableciendo las ganancias (62) y (63), en la derivada de la función candidata (61), se tiene como resultado:

$$\dot{V}(t, e) = -\kappa_1 \omega_{z,min} e_{vx}^2 - \kappa_1 |\omega_z| e_{vy}^2 \quad (64)$$

Los siguientes valores para (64) son propuestos:

$$\kappa_1 = \frac{1}{\omega_{z,min}} \lambda_s \approx \text{una constante} \quad (65)$$

$$\lambda_s > 0 \quad (66)$$

Enseguida se establecerá, para el control activo por retroalimentación de estados, diseñado en (35), (36) y (37), una comparación con un control PID, bajo condiciones similares.

## E. Diseño del controlador activo PID

Para este controlador PID, la ley de control es establecida en (68), (69) y (70), utilizando los errores de la velocidad lateral (52) y velocidad angular de viraje (53):

$$u_x(t) = k_p e_x(t) + \frac{k_p}{T_i} \int_0^t e_x(t) \cdot dt + k_p T_d \frac{de_x(t)}{dt} \quad (68)$$

$$u_y(t) = k_p e_y(t) + \frac{k_p}{T_i} \int_0^t e_y(t) \cdot dt + k_p T_d \frac{de_y(t)}{dt} \quad (69)$$

$$u_{\omega_z}(t) = k_p e_{\omega_z}(t) + \frac{k_p}{T_i} \int_0^t e_{\omega_z}(t) \cdot dt + k_p T_d \frac{de_{\omega_z}(t)}{dt} \quad (70)$$

$$e_x = v_{xpid} - v_{x,ref} \quad (71)$$

$$e_y = v_{ypid} - v_{y,ref} \quad (72)$$

$$e_{\omega_z} = \omega_{zpid} - \omega_{z,ref} \quad (73)$$

La planta a controlar es el modelo matemático en (17), (18) y (19), actualizando solamente sus subíndices para PID, como se puede ver en ecuaciones (74-76), con las entradas de control (77-79). Además del sistema de referencia en (28), (29) y (30).

$$\dot{v}_{xpid} = v_{ypid} \omega_{zpid} + a_{xpid} + \frac{F_{dx}}{m} \quad (74)$$

$$\dot{v}_{ypid} = -v_{xpid} \omega_{zpid} + \frac{\mu}{m} \left( F_{f,ypid}(x_{pid}, \delta_{pid}, \alpha_{f,pid}) + F_{r,ypid}(x_{pid}, \alpha_{r,pid}) \right) + \frac{F_{dy}}{m} \quad (75)$$

$$\dot{\omega}_{zpid} = \frac{\mu}{J} \left( l_f F_{f,ypid}(x_{pid}, \delta_{pid}, \alpha_{f,pid}) - l_r F_{r,ypid}(x_{pid}, \alpha_{r,pid}) \right) + \frac{1}{J} M_{zpid} + \frac{M_{dz}}{J} \quad (76)$$

$$M_{zpid} = J \dot{\omega}_{zpid} - \mu \left( l_f F_{f,ypid}(x_{pid}, \delta_{pid}, \alpha_{f,pid}) - l_r F_{r,ypid}(x_{pid}, \alpha_{r,pid}) \right) - M_{dz} \quad (77)$$

$$\delta_{pid} = \delta_d + \delta_{cpid} \quad (78)$$

$$\delta_{cpid} = -\delta_d + \frac{v_{ypid} + l_f \omega_{zpid}}{v_{xpid}} + \frac{1}{B_{f,y}} \left( \tan \left( \frac{1}{c_{f,y}} \arcsin \left( \frac{F_{f,ypid}}{D_{f,y}} \right) \right) \right) \quad (79)$$



Los valores de los parámetros  $k_p, T_i, T_d$ , son considerados en la Tabla 2 y el análisis para  $F_{f,ypid}, F_{r,ypid}$  se considera en (22), pero con las dinámicas del control PID y

$$T_{npid} = M_{zpid} \frac{r}{T}.$$

Tabla 2. Parámetros para las simulaciones en Matlab-Simulink (elaboración propia)

$m = 1550 \text{ kg}$	$B_{f,x} = 6.9$	$B_{f,x,ref} = 6.9$
$J = 3552 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$C_{f,x} = 1.3$	$C_{f,x,ref} = 1.3$
$l_v = 1.53 \text{ m}$	$D_{f,x} = 7500 \text{ N}$	$D_{f,x,ref} = 10000 \text{ N}$
$l_f = 1.38 \text{ m}$	$B_{r,x} = 7.1$	$B_{r,x,ref} = 7.1$
$B_{r,y} = 10$	$C_{r,x} = 1.6$	$C_{r,x,ref} = 1.6$
$C_{r,y} = 1.32$	$D_{r,x} = 7500 \text{ N}$	$D_{r,x,ref} = 10000 \text{ N}$
$D_{r,y} = 7834 \text{ N}$	$k_p = 100.475$	$B_{r,y,ref} = 10$
$B_{f,y} = 6.9$	$T_d = 0.00073$	$C_{r,y,ref} = 1.32$
$C_{f,y} = 1.78$	$T_i = 45.84383$	$D_{r,y,ref} = 10000 \text{ N}$
$D_{f,y} = 7240 \text{ N}$	$J_n = 62 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$B_{f,y,ref} = 6.9$
$T = 0.16 \text{ m}$	$r = 0.2 \text{ m}$	$C_{f,y,ref} = 1.78$
$\mu_0 = 0.9$	$h = 0.5 \text{ m}$	$D_{f,y,ref} = 10000 \text{ N}$

# Resultados de experimentación con simulación

## Maniobra en una dirección

Los siguientes resultados son para una maniobra ISO 7401, en la Figura 3. Y el coeficiente de fricción neumático-suelo de  $\mu=0.9$  (superficie seca, de 0s-10s), y (superficie mojada) a los 10 segundos (ver Figura 4). En la Figura 5, se muestran los valores de la velocidad lateral, donde la velocidad de control (la cual es por retroalimentación de estados) sigue a la velocidad lateral de referenciay al observador de mejor forma que la velocidad lateral con el control PID y la velocidad angular de viraje por retroalimentación de estados que sigue casi a la perfección a la velocidad angular de viraje de referencia, tiene menores oscilaciones que la velocidad de control PID, en Figura 6. Con los controladores en (18-19), (75-76), comparados con el sistema de referencia en (29-30). En las Figuras 5-7, se tienen los parámetros para,  $k_1=100$ ,  $k_2=100$ ,  $k_3=100$ , en (35-37), y para  $k_{o1}, k_{o2}$ , en (52-53), se está considerando  $\gamma_1=0.023$ ,  $\kappa_1=0.15$ ,  $\lambda_s=1$ , para el observador con dinámicas de control por retroalimentación de estados.

Nota: las figuras de la 3 a la 9 son de elaboración propia.

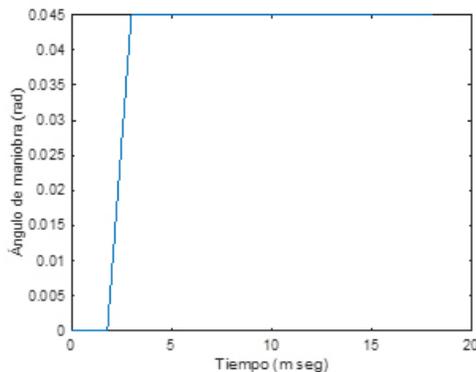


Figura 3. Señal  $\delta_d$  del conductor (rad vs s)

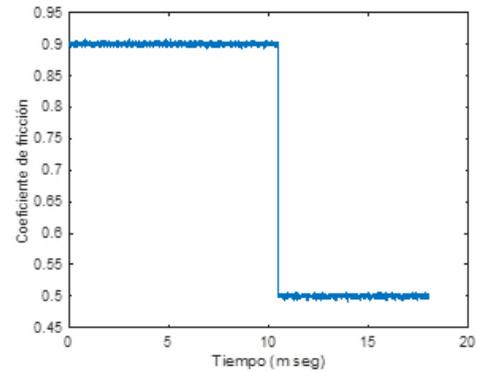


Figura 4. Coeficiente de fricción  $\mu$

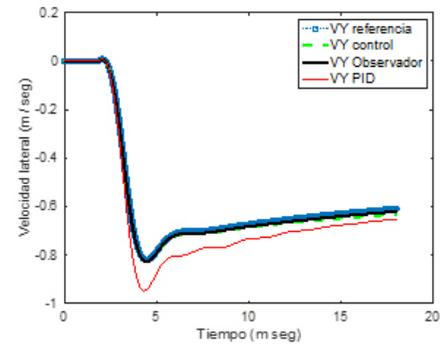


Figura 5. Velocidad lateral  $v_y, v_{y_{pid}}, v_{y_{ref}}, v_y$  (m/s vs s)

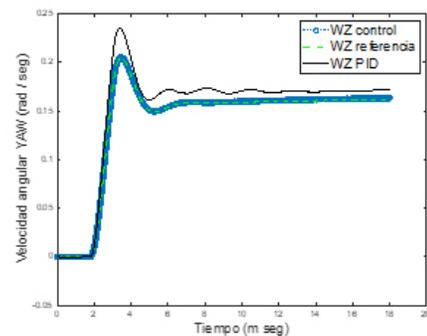


Figura 6. Velocidad angular de viraje  $\omega_z, \omega_{z_{pid}}, \omega_{z_{ref}}$  (rad vs s)



También los resultados para la velocidad longitudinal se inician con  $v_x = \frac{28m}{s}$  en la Figura 7, además se muestran los valores con el controlador PID que se desvía del valor de referencia, y del control por retroalimentación de estados, donde este último es estimado de manera correcta por el observador de retroalimentación de estados propuesto en este artículo de investigación, lo cual tiene como resultado un torque  $\hat{T}_n$  estimado para las llantas traseras del vehículo eléctrico con una eficiencia de ahorro de torque considerable aún con las diferentes condiciones de coeficiente de fricción neumático-suelo (ver Figura 8) y el PID con  $T_{npid}$  en la Figura 9.

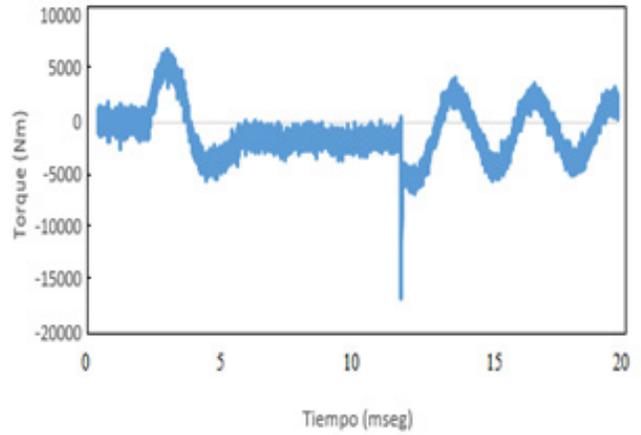


Figura 9. Señal  $T_{npid}$  de las llantas traseras ( $N \cdot m$  vs  $s$ )

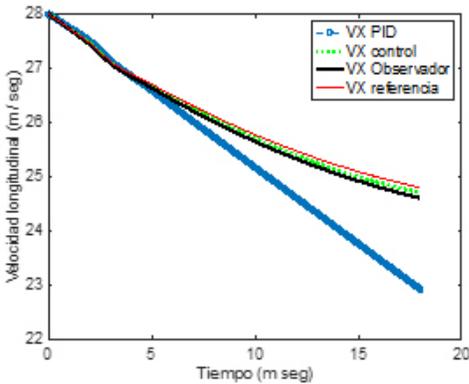


Figura 7. Velocidad longitudinal  $v_x, v_{xpid}, v_{xref}, v_x$  ( $m/s$  vs  $s$ )

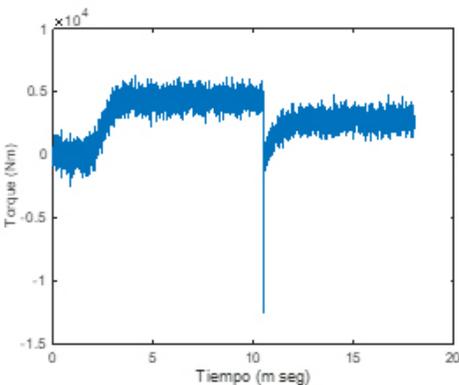


Fig. 8. Señal  $\hat{T}_n$  de las llantas traseras ( $N \cdot m$  vs  $s$ )

## Conclusiones y discusión

Este trabajo de investigación se realiza con la finalidad de proponer un observador para la velocidad lateral, partiendo del modelo de la bicicleta, el cual se utiliza para el controlador de retro de estados y compararlo con el PID, como una idea original, al implementar un solo sistema de referencia para los dos controles activos de retroalimentación de estados y PID, obteniendo con ello algoritmos de entrada de control al automóvil, que producirán la señal del controlador ( $\delta_{ce}$ ,  $\delta_{cpid}$ ) para la dirección asistida automotriz del vehículo.

Se puede concluir que con la norma ISO 7401, el controlador PID tiene algunos problemas al controlar las variables y dinámicas del automóvil.

Finalmente se establece que los modos de control a recomendar para obtener un controlador-observador para aplicación a la dirección asistida automotriz, estudiados en este artículo de investigación, puede ser el de retroalimentación de estados, como una propuesta para ciertas situaciones de maniobra en el vehículo. Además de mencionar que estos controladores y observador de este artículo de investigación se pueden realizar con electrónica de bajo costo, siguiendo la técnica propuesta por Sandoval (2020)<sup>43</sup>, para trabajarlos en forma experimental y compararlos con las plataformas comerciales de Matlab-Simulink, HIL de National Instruments o CarSim.

## Agradecimientos

Se agradece a los talleres de la Zona Sur de Jalisco por los conceptos obtenidos en la utilización del Software Otofex de Autel y del equipo de medición Hantek.

## Referencias

1. ZHANG, Houzhong; Liang, J., Jiang, H., Cai, Y. y Xu, X. Stability Research of Distributed Drive Electric Vehicle by Adaptive Direct Yaw Moment Control. *IEEE Access*. [En línea]. Vol. 7 (1), pp. 106225-106237. 05 de agosto de 2019. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2024]. DOI: [10.1109/ACCESS.2019.2933016](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2933016) ISSN: 2169-3536.
2. DE BERNARDIS, Martino; Rini, G., Bottiglione, F., Hartavi, A. E. y Sorniotti, A. On nonlinear model predictive direct yaw moment control for trailer sway mitigation. *Vehicle Systems Dynamics*. [En línea]. Vol. 61 (2), pp. 445-471. 09 de agosto de 2022. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2024]. DOI: [10.1080/00423114.2022.2054352](https://doi.org/10.1080/00423114.2022.2054352) ISSN: 1744-5159.
3. CHUN-LIANG, Lin; Hao-Che, H. y Jia-Cheng, L. Active Control of Regenerative Brake for Electric Vehicles. *Actuators*. [En línea]. Vol. 7 (4), pp. 1-14. 01 de diciembre de 2018. [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.3390/act7040084> ISSN: 2076-0825.
4. CHEN, Liqing; Li, Z., Yang, J. y Song, Y. Lateral Stability Control of Four-Wheel-Drive Electric Vehicle Based on Coordinated Control of Torque Distribution and ESP Differential Braking. *Actuators*. [En línea]. Vol. 10 (6), pp. 1-16. 18 de junio de 2021. [Fecha de consulta: 11 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.3390/act10060135> ISSN: 2076-0825.
5. SOLIMAN, Ama y Kaldas, MMS. Semi-active suspension systems from research to mass-market- A review. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. [En línea]. Vol. 40 (2), pp. 1005-1023. 22 de octubre de 2019. [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2024]. DOI: [10.1177/1461348419876392](https://doi.org/10.1177/1461348419876392) ISSN: 1461-3484.
6. PIÑÓN, Alejandro; Favela-Contreras, A., Félix-Herrán, L. C., Beltrán-Carvajal, F. y Lozoya, C. An ARX Model-Based Predictive Control of a Semi-Active Vehicle Suspension to Improve Passenger Comfort and Road-Holding. *Actuators*. [En línea]. Vol. 10 (3), pp. 1-17. 02 de marzo de 2021. [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.3390/act10030047> ISSN: 2076-0825.
7. HUANG, Bin; Fu, X., Wu, S. y Huang, S. Calculation Algorithm of Tire-Road Friction Coefficient Based on Limited-Memory Adaptive Extended Kalman Filter. *Mathematical Problems in Engineering*. [En línea]. 2019 (1), pp. 1-14. 2019. [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1155/2019/1056269> ISSN: 1563-5147.



8. JIANG, Bowen; Sharma, N., Liu, Y. y Li, Ch. Acceleration-based wheel slip control realized with decentralised electric drivetrain systems. *IET Electrical Systems in Transportation*. [En línea]. Vol. 12(2), pp. 143-152. Junio de 2022. [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2024]. DOI:[10.1049/els2.12044](https://doi.org/10.1049/els2.12044) ISSN: 2042-9746.
9. LENG, Bo; Jiang, Y. y Yu, Z. Distributed drive electric autonomous vehicle steering angle control based on active disturbance rejection control. *Journal of Automobile Engineering*. [En línea]. Vol. 235 (1), pp. 1-15. 06 de agosto de 2020. [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1177/0954407020944288> ISSN: 2041-2991
10. ETIÉNNÉ, Lucien; Acosta, C., DiGennaro, S. y Barbot, J. P. A Super-twisting Controller for Active Control of Ground Vehicles with Lateral Tire-road Friction Estimation and CarSim Validation. *International Journal of Control, Automation and Systems*. [En línea]. Vol. 18, pp. 1177-1189. 05 de mayo de 2020. [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2024]. DOI:[10.1007/s12555-018-0484-0](https://doi.org/10.1007/s12555-018-0484-0) ISSN: 1598-6446.
11. ZHANG, Jinhua; Sun, W. y Jing, H. Nonlinear Robust Control of Antilock Braking Systems Assisted by Active Suspensions for Automobile. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. [En línea]. Vol. 27 (3), pp. 1352-1359. Mayo de 2019. [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/TCST.2018.2810823 ISSN: 1063-6536.
12. GONG, Jianqiang; Luo, Y., Qiu, Z. y Wang, X. Determination of key components in automobile braking systems based on ABC classification and FMECA. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. [En línea]. Vol. 9 (1), pp. 69-77. Febrero de 2022. [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2024]. DOI:[10.1016/j.jtte.2019.01.008](https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.01.008) ISSN: 2095-7564.
13. ZHANG, Junjiang; Yang, Y., Hu, M., Yang, Y. y Fu, Ch. Longitudinal-vertical comprehensive control for four-wheel drive pure electric vehicle considering energy recovery and ride comfort. *Energy*. [En línea]. Vol. 236 (1), pp. 12-17. Diciembre de 2021. [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2024]. DOI:[10.1016/j.energy.2021.121417](https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121417). ISSN: 0360-5442.
14. LI, Panshuo; Lam, J. y Cheung, K. Ch. Motion-based active disturbance rejection control for a non-linear full-car suspension system. *Journal of Automobile Engineering*. [En línea]. Vol. 232 (5), pp. 1-16. 07 de agosto de 2017. [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1177/0954407017704781> ISSN: 2041-2991
15. QI, Hengmin; Chen, Y. y Tan, B. Improvement of both handling stability and ride comfort of a vehicle via coupled hydraulically interconnected suspension and electronic controlled air spring. *Journal of Automobile Engineering*. [En línea]. Vol. 234 (2-3), pp. 1-20. 2019. [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1177/0954407019856538> ISSN: 2041-2991.
16. NGUYEN, Tuan Anh. Improving the Comfort of the Vehicle Based on Using the Active Suspension System Controlled by the Double-Integrated Controller. *Shock and Vibration*. [En línea]. 2021, pp. 1-11. 06 de septiembre de 2021. [Fecha de consulta: 21 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1155/2021/1426003> ISSN: 1875-9203.
17. NAHIDI, Asal; Kazahiesadeh, A., Khosravani, S., Khajepour, A., Chen, S. K. y Litkouhi, B. Modular integrated longitudinal and lateral vehicle stability control for electric vehicles. *Mechatronics*. [En línea]. Vol. 44, pp. 60-70. Junio de 2017. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2017.04.001> ISSN: 0957-4158.
18. LENZO, Basilio; Sorniotti, A., Gruber, P. y Sannen, K. On the experimental analysis of single input single output control of yaw rate and sideslip angle. *International Journal of Automotive Technology*. [En línea]. Vol. 18, pp. 799-811. 09 de julio de 2017. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2024]. DOI:[10.1007/s12239-017-0079-4](https://doi.org/10.1007/s12239-017-0079-4) ISSN: 1976-3832.
19. LENZO, Basilio; Zanchetta, M., Sorniotti, A., Gruber, P. y De Nijs, W. Yaw Rate and Sideslip Angle Control Through Single Input Single Output Direct Yaw Moment Control. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. [En línea]. Vol. 29 (1), pp. 124-139. Enero de 2021. [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/TCST.2019.2949539 ISSN: 1558-0865.
20. ZHOU, Hongliang; Jia, F., Jing, H., Liu, Z. y Güvenc, L. Coordinated Longitudinal and Lateral Motion Control for Four Wheel Independent Motor-Drive Electric Vehicle. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. [En línea]. Vol. 67 (5), pp. 3782-3790. Mayo de 2018. [Fecha de consulta: 23 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/TVT.2018.2816936 ISSN: 1939-9359.
21. XIE, Xianyi; Jin, L., Jiang, Y. y Guo, B. Integrated Dynamics Control System With ESC and RAS for a Distributed Electric Vehicle. *IEEE Access*. [En línea]. Vol. 6, pp. 18694-18704. 02 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 24 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2819206 ISSN: 2169-3536
22. TOTA, Antonio; Lenzo, B., Lu, Q., Sorniotti, A., Gruber, P., Fallah, S., Velardocchia, E. G. y De Smet, J. On the Experimental Analysis of Integral Sliding Modes for Yaw Rate and Sideslip Control of an Electric Vehicle with Multiple Motors. *International Journal of Automotive Technology*. [En línea]. Vol. 19 (5), pp. 811-823. 12 de septiembre de 2018. [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2024]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12239-018-0078-0> ISSN: 1976-3832.
23. ATAELI, Mansour; Khajepour, A. y Jeon, S. Model Predictive Control for integrated lateral stability, traction/braking control, and rollover prevention of electric vehicles. *Vehicle System Dynamics*. [En línea]. Vol. 58 (1), pp. 49-73. 2020. [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1080/00423114.2019.1585557> ISSN: 0042-3114.
24. YIN, Dejun; Sun, N. y Hu, J. S. A Wheel Slip Control Approach Integrated With Electronic Stability Control for Decentralized Drive Electric Vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. [En línea]. Vol. 15 (4), pp. 2244-2252. Abril de 2019. [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/TII.2019.2895371 ISSN: 1557-9948.
25. ASIABAR, Aria Noori y Kazemi, Reza. A direct yaw moment controller for a four in-wheel motor drive electric vehicle using adaptive sliding mode control. *Journal of Multi-body Dynamics*. [En línea]. Vol. 233 (3), pp. 1-19. Septiembre de 2019. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1177/1464419318807700> ISSN: 1464-4193.
26. TAHOUNI, Amin; Mirzaei, M. y Najjari, B. Novel Constrained Nonlinear Control of Vehicle Dynamics Using Integrated Active Torque Vectoring and Electronic Stability Control. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. [En línea]. Vol. 68 (10), pp. 9564-9572. Octubre de 2019. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/TVT.2019.2933229 ISSN: 1939-9359.

27. SUN, Peikun; Stensson, A., Drugge, L. y Jerrelind, J. Energy efficiency and stability of electric vehicles utilising direct yaw moment control. *Vehicle System Dynamics*. [En línea]. Vol. 60 (3), pp. 930-950. 17 de noviembre de 2020. [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2024]. DOI:10.1080/00423114.2020.1841903 ISSN: 0042-3114.
28. VIGNATI, M. y Sabbioni, E. A cooperative control strategy for yaw rate and sideslip angle control combining torque vectoring with rear wheel steering. *Vehicle System Dynamics*. [En línea]. Vol. 60 (5), pp. 1668-1701. 2022. [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2024]. DOI:10.1080/00423114.2020.1869273 ISSN: 0042-3114.
29. AHMADIAN, Narjes; Khosravi, A. y Sarhadi, P. Driver assistant yaw stability control via integration of AFS and DYC. *Vehicle System Dynamics*. [En línea]. Vol. 60 (5), pp. 1742-1762. 28 de enero de 2021. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2024]. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00423114.2021.1879390> ISSN: 0042-3114.
30. HUANG, Juhua; Liu, Y., Liu, M., Cao, M. y Yan, Q. Multi-Objective Optimization Control of Distributed Electric Drive Vehicles Based on Optimal Torque Distribution. *IEEE Access*. [En línea]. Vol. 7 (1), pp. 16377-16394. 22 de enero de 2019. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2894259 ISSN: 2169-3536
31. HU, Jianjun; Tao, J., Xiao, F., Niu, X. y Fu, Ch. An Optimal Torque Distribution Control Strategy for Four-Wheel Independent Drive Electric Vehicles Considering Energy Economy. *IEEE Access*. [En línea]. Vol. 7 (1), pp. 141826-141837. 30 de septiembre de 2019. [Fecha de consulta: 29 de marzo de 2024]. DOI: [10.1109/ACCESS.2019.2944479](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2944479) ISSN: 2169-3536.
32. Al-Fiky, Hossam T., Asfoor, M. S., Yacoob, M. I. y Sharaf, A. M. Electronic Differential Optimization for Electric Vehicle Full Model for In-Wheel Permanent Magnet Brushless DC Motors. *IEEE 2019 7th International Conference on Control, Mechatronics and Automation (ICCMA)*. [En línea]. pp. 15-20. 6-8 de noviembre de 2019. Delft, Holanda. [Fecha de consulta: 29 de marzo de 2024]. DOI: 10.1109/ICCMA46720.2019.8988695
33. GUO, Luole; Xu, H. y Zou, J. Acceleration slip regulation control strategy for four-wheel independent drive electric vehicles. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. [En línea]. Vol. 14 (4), pp. 630-639. Abril de 2019. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1002/tee.22846> ISSN:1931-4981.
34. PARRA, Alberto; Zubizarreta, A. y Pérez, J. An energy efficient intelligent torque vectoring approach based on fuzzy logic controller and neural network tire forces estimator. *Neural Computing and Applications*. [En línea]. Vol. 33 (15), pp. 9171-9184. 13 de enero de 2021. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2024]. DOI:10.1007/s00521-020-05680-2 ISSN:1433-3058.
35. WANG, Junnian; Wang, X., Luo, Z. y Assadian, F. Active Disturbance Rejection Control of Differential Drive Assist Steering for Electric Vehicles. *Energies*. [En línea]. Vol. 13 (10), pp. 1-22. 22 de mayo de 2020. [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.3390/en13102647> ISSN: 1996-1073.
36. Rajamani, Rajesh. *Vehicle Dynamics and Control*. New York: Springer. 2006. 497 pp. ISBN: 9780387263960.
37. CHENG, Shuo; Mei, M., Ran, X., Li, L. y Zhao, L. Adaptive Unified Monitoring System Design for Tire-Road Information. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*. [En línea]. Vol. 141 (7), pp. 1-11. Julio de 2019. [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1115/1.4043113> ISSN: 0022-0434.
38. ACOSTA, Cuauhtémoc y Di Gennaro, S. Nonlinear adaptive tracking for ground vehicles in the presence of lateral wind disturbance and parameter variations. *Journal of the Franklin Institute*. [En línea]. Vol. 354 (7), pp. 2742-2768. Mayo de 2017. [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2024]. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2017.01.020> ISSN: 1879-2693.
39. Pacejka, Hans B. *Tyre and Vehicle Dynamics*. Segunda edición. Reino Unido. Elsevier. 2006. 657 pp. ISBN-10: 0-7506-6918-7.
40. ZOU, Yuan; Guo, N. y Zhang, X. An integrated control strategy of path following and lateral motion stabilization for autonomous distributed drive electric vehicles. *Journal of Automobile Engineering*. [En línea]. Vol. 235 (4), pp. 1-16. 13 de noviembre de 2019. [Fecha de consulta: 01 de abril de 2024]. <https://doi.org/10.1177/0954407019884168> ISSN: 2041-2991.
41. GUO, Jinghua; Wang, J., Luo, Y. y Li, K. Robust lateral control of autonomous four-wheel independent drive electric vehicles considering the roll effects and actuator faults. *Mechanical Systems and Signal Processing*. [En línea]. Vol. 143 (1), pp. 1-17. Septiembre de 2020. [Fecha de consulta: 01 de abril de 2024]. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.106773> ISSN: 0888-3270.
42. AO, Di; Li, J., Zhang, L. y Hong, J. Advanced post-impact safety and stability control for electric vehicles. *IET Intelligent Transport Systems*. [En línea]. Vol. 16 (12), pp. 1753-1767. Diciembre de 2022. [Fecha de consulta: 01 de abril de 2024]. <https://doi.org/10.1049/itr2.12230> ISSN: 1751-9578.
43. SANDOVAL, Sergio; González, J. M., Jiménez, R., Villavazo, E., Molina, J. E., Sánchez, M. G. y Ochoa, V. J. A Low-Cost Platform for Modeling and Controlling the Yaw Dynamics of an Agricultural Tractor to Gain Autonomy. *Electronics*. [En línea]. Vol. 9 (11), pp. 1-20. 2 de noviembre de 2020. [Fecha de consulta: 01 de abril de 2024]. <https://doi.org/10.3390/electronics9111826> ISSN: 2079-9292.

**Fecha de recepción**

27/10/2023

**Fecha de aceptación**

21/04/2024

**Fecha de publicación**

31/05/2024



# Desarrollo de app con realidad aumentada para promoción de la Universidad Tecnológica de Manzanillo

*Development of app with augmented reality for promotion of the Universidad Tecnológica de Manzanillo*

**Pedro Luis Pérez Flores, Giovanni García Vargas, Daniel Germán Fausto Solís y José Abraham Irra Mendoza /**  
**Universidad Tecnológica de Manzanillo**

## Resumen

En los últimos años, las instituciones educativas han buscado adaptarse a los avances tecnológicos y ofrecer servicios educativos de calidad que satisfagan las necesidades cambiantes de la sociedad. En este contexto, la Universidad Tecnológica de Manzanillo decidió desarrollar una aplicación de realidad aumentada como parte de sus estrategias de difusión y promoción.

Para el desarrollo de la aplicación, se optó por implementar la metodología ASD (Desarrollo de Software Adaptativo), la cual reconoce la naturaleza cambiante y evolutiva de los proyectos de software. La aplicación se dividió en iteraciones, enfocándose en la implementación gradual de funcionalidades y la corrección de errores de manera ágil.

Durante el proceso de desarrollo, se llevaron a cabo las pruebas para garantizar el funcionamiento adecuado de la aplicación y se corrigieron los errores identificados. La aplicación finalizada cuenta con cuatro apartados principales: Visualización AR, Geolocalización, Recorrido virtual y Carreras, ofreciendo al público usuario una experiencia inmersiva.

**Palabras clave:** realidad aumentada, virtualización, aplicación.

## Abstract

In recent years, educational institutions have sought to adapt to technological advances and offer quality educational services that meet the changing needs of society. In this context, the Universidad Tecnológica de Manzanillo decided to develop an augmented reality application as part of its dissemination and promotion strategies.

To carry out the development of the application, it was decided to implement the ASD (Adaptive Software Development) methodology, which recognizes the changing and evolutionary nature of software projects. The application was divided into iterations, focusing on the gradual implementation of functionalities and the correction of errors in an agile manner.

During the development process, testing was carried out to ensure proper functioning of the application and any identified errors were corrected. The finished application has four main sections: AR Visualization, Geolocalization, Virtual Tour and Racing, offering to users an immersive experience.

**Keywords:** augmented reality, virtualization, application.



## Introducción

UTeM Visions es una aplicación móvil diseñada para aprovechar las capacidades de la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) en la promoción de la Universidad Tecnológica de Manzanillo (UTeM). Su propósito fundamental es facilitar a las y los jóvenes que están a punto de graduarse del bachillerato, el acceso a la oferta educativa de la Universidad, el plan de estudios y las excelentes instalaciones, independientemente de su ubicación geográfica.

La decisión de emprender este proyecto se basa en el reconocimiento de la importancia de la UTeM en términos de la demanda de nuevos alumnos y alumnas. Esta aplicación tiene como objetivo atraer a estudiantes de bachillerato mediante una presentación visual, atractiva y novedosa de lo que la institución tiene para ofrecer, utilizando tanto la realidad aumentada como la realidad virtual, tecnologías emergentes y poco exploradas en el ámbito universitario. Esta estrategia confiere a la universidad una ventaja competitiva, fortaleciendo su marca y atrayendo a un mayor número de estudiantes.

En el aspecto del uso frecuente de tecnologías innovadoras como la realidad aumentada y la realidad virtual, UTeM Visions representa un ejemplo destacado de aplicación en la promoción educativa. Este proyecto no solo impacta positivamente en la UTeM, sino que también beneficia a las y los egresados de preparatorias. La universidad mejora su imagen y reputación al posicionarse como una institución innovadora, brindando al estudiantado una experiencia más interactiva y visual al explorar las opciones académicas ofrecidas por la institución.

## Objetivo

Desarrollar una aplicación móvil para dispositivos Android, que trabaje con realidad aumentada y sirva como guía y promoción de la oferta académica de la Universidad Tecnológica de Manzanillo.

## Planteamiento del problema

La Universidad Tecnológica de Manzanillo desea promover su oferta académica y su infraestructura a las y los estudiantes de preparatoria para aumentar la tasa de captación de nuevo alumnado. Para ello, se plantea el uso de una aplicación con realidad aumentada, la cual permite a las y los usuarios conocer virtualmente el campus, las instalaciones y los servicios que ofrece la universidad.

## Desarrollo del proyecto

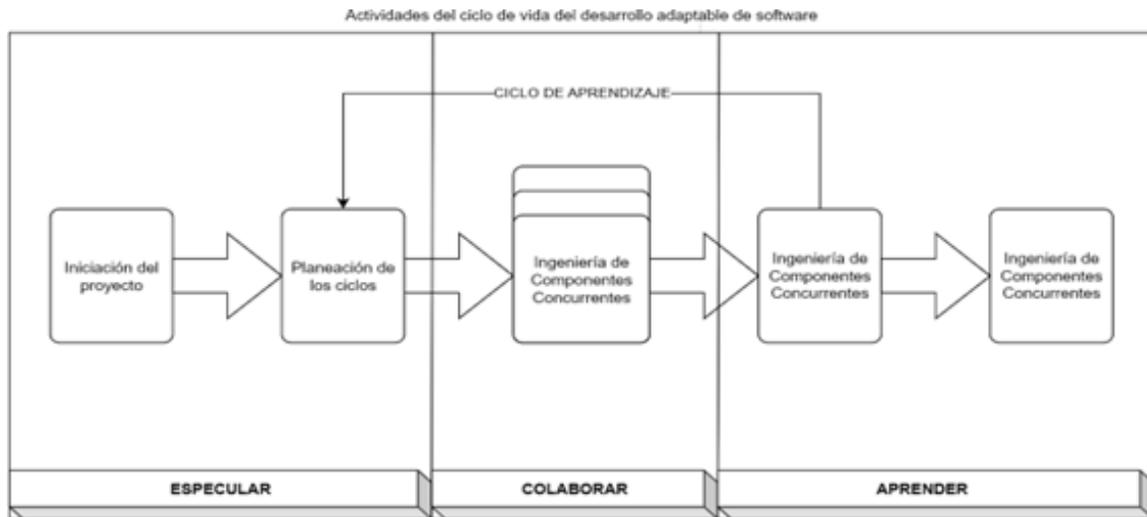
### Planificación y metodología

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó la metodología ASD (Desarrollo de Software Adaptativo). Esta metodología se basa en ciclos de desarrollo iterativo e incremental, lo que permite adaptarse a los cambios y requerimientos del proyecto. Por otro lado, se elaboró un diagrama de Gantt para establecer las fechas de entrega y seguimiento del proyecto, asegurando una gestión eficiente del tiempo y los recursos.

Dentro de la metodología ASD se trabajaron tres fases para el desarrollo de la aplicación: especular, colaborar y aprender. Esta es una metodología de desarrollo cuyo funcionamiento es cíclico y reconoce que en cada iteración se producirán cambios e incluso errores<sup>1</sup>. Esta metodología se basa en reconocer la naturaleza dinámica y evolutiva del desarrollo de software, permitiendo una respuesta ágil y flexible a



medida que se descubren nuevas necesidades y se obtienen retroalimentación durante el proceso de desarrollo (ver la Figura 1).



**Figura 1.** Fases para el desarrollo de la aplicación, de acuerdo con la metodología ASD (Rivero y Torres, 2014)<sup>1</sup>

## Diseño de la aplicación

Se utilizó Photoshop para el diseño de imágenes y de lienzos, como los marcadores que se utilizan para la Visualización AR como los lienzos dentro del Recorrido Virtual. Estos marcadores y lienzos se crearon como elementos visuales distintivos que permiten a la aplicación reconocerlos y superponer información adicional (Figura 2).



**Figura 2.** Diseño del QR para la visualización AR (elaboración propia)

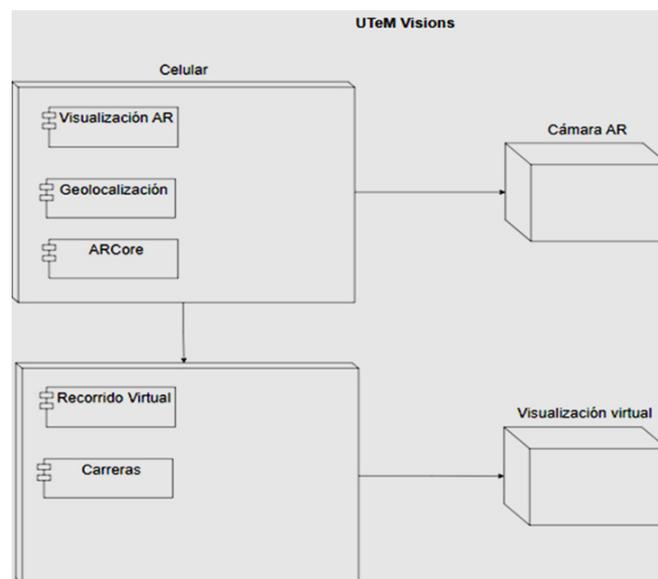
## Desarrollo de la aplicación

Se utilizó Unity como el motor de desarrollo principal para crear la aplicación de realidad aumentada. Se eligió por la facilidad de uso, la libertad del uso de las herramientas para la creación de una interfaz con un diseño que sea agradable a la vista del usuario(a), el uso y la integración de librerías como plugins y el desarrollo como compilador para dispositivos Android (ver la Tabla 1). Asimismo, se integró Vuforia, un SDK (kit de desarrollo de software) de realidad aumentada<sup>2</sup> en Unity para el reconocimiento y seguimiento de los marcadores.

**Tabla 1.** Tecnologías implementadas en el desarrollo de la aplicación (elaboración propia)

	Diseño	Realidad Aumentada	Android	Librerías y Plugins
<i>Android Studio</i>		✓	✓	
<i>Unity</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Ionic</i>	✓		✓	✓
<i>React Native</i>	✓		✓	✓
<i>Flutter</i>	✓	✓		✓
<i>AR.js</i>		✓		✓

Se utilizó el diagrama de despliegue para entender cómo los distintos elementos del sistema interactúan y se distribuyen en el entorno donde la aplicación será utilizada por las y los usuarios finales, como se puede ver a continuación (Figura 3):

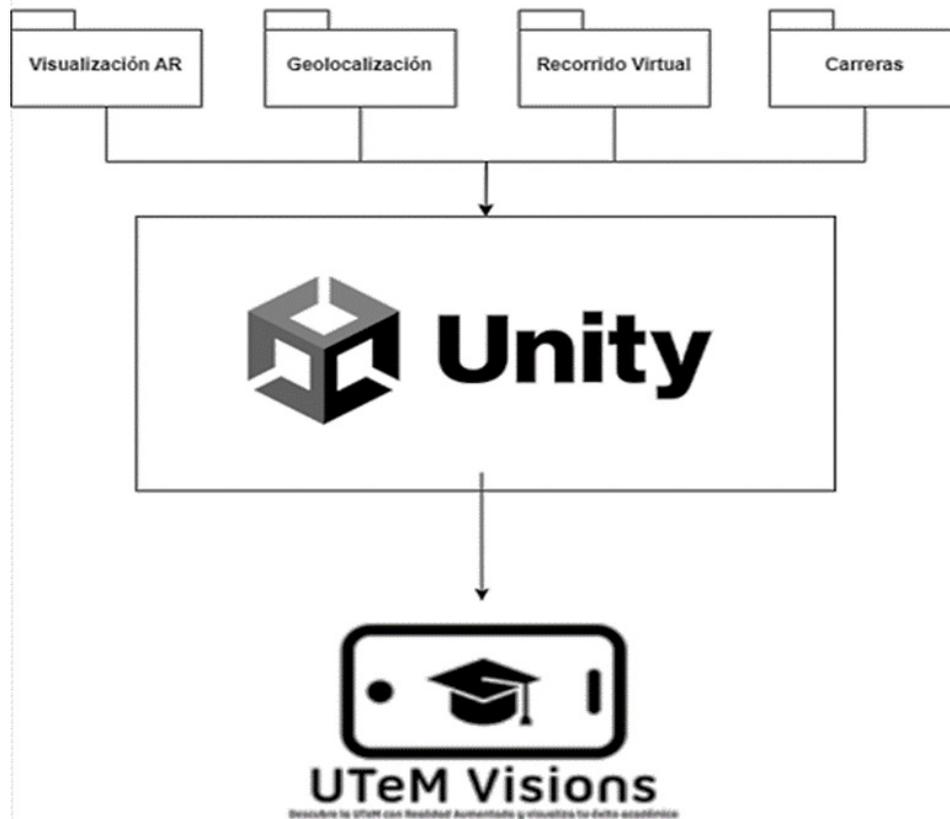


**Figura 3.** Diagrama de despliegue (elaboración propia)



## Modelo de paquetes

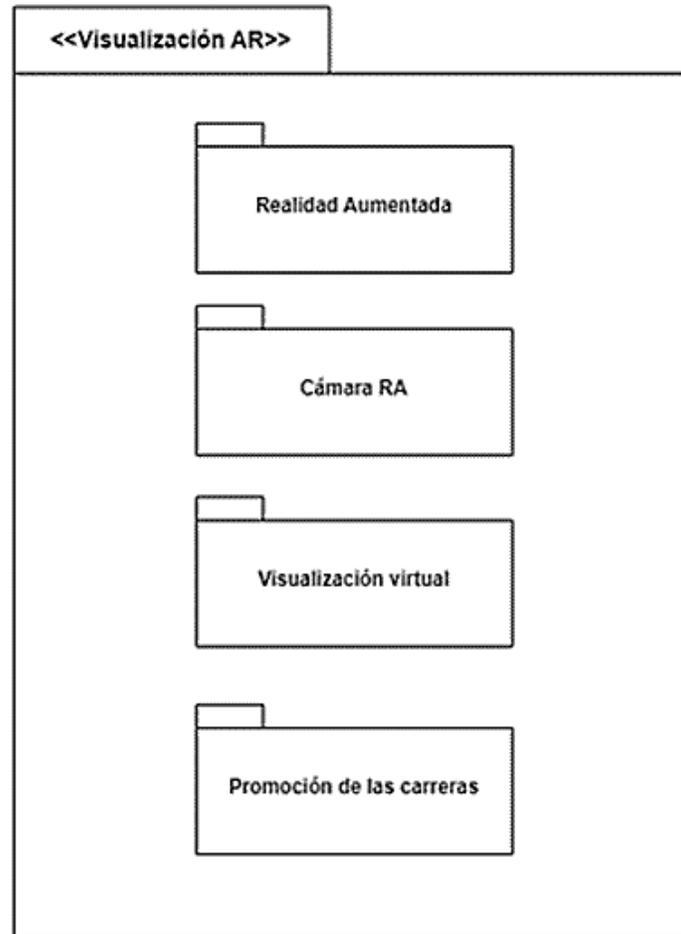
La Figura 4 muestra la estructura de paquetes de manera general, que conforma el desarrollo de los apartados para UTeM Visions, donde se muestra que se utiliza Unity para el desarrollo de la aplicación UTeM Visions.



**Figura 4.** Diagrama de paquetes UTeM Visions (elaboración propia)

En la Figura 5 se observa cómo se encuentran conformados los paquetes de Visualización AR para el manejo de la visualización de videos al enfocar un marcador<sup>3</sup>.

Para la parte de la visualización en AR, se trabajó con Vuforia y Unity para la creación de los códigos QR y la lectura de éstos por medio de la aplicación. Con respecto a la geolocalización, combina elementos virtuales con el entorno del mundo real, utilizando datos de ubicación del dispositivo. La aplicación determina la posición del usuario o usuaria y superpone información virtual en la pantalla, permitiendo experiencias interactivas basadas en la ubicación física. Para el apartado de recorrido virtual, se tomaron fotos de las instalaciones de la universidad, utilizando un tripié y un celular con la aplicación llamada *360 Photo Sphere Camera*.

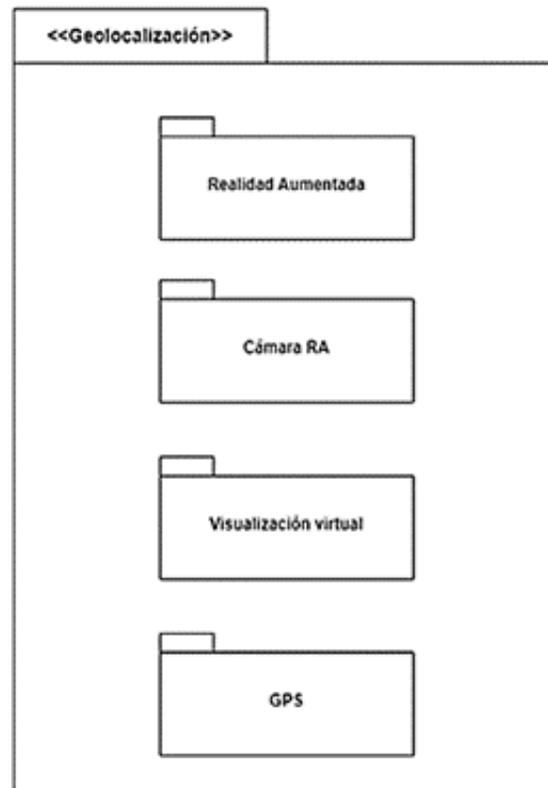


**Figura 5.** Diagrama de paquete de Visualización AR (elaboración propia)

Cada paquete de Visualización AR suele estar asociado en la aplicación, así se define el funcionamiento para poder acceder a la información al apuntar a un marcador específico.

La Visualización AR se encarga de mostrar un video al apuntar a un marcador, dependiendo de la carrera, lo que genera una respuesta adecuada para presentar la información.

En la Figura 6 se observa cómo se encuentran conformados los paquetes de geolocalización para el manejo de objetos 3D al encontrarse en las coordenadas correctas de acuerdo con el GPS del dispositivo móvil.



**Figura 6.** Diagrama de paquete de Geolocalización (elaboración propia)

Cada paquete de Geolocalización suele estar asociado en la aplicación, la cual define el funcionamiento para poder acceder a la información al encontrarse en las coordenadas correspondientes.

La Geolocalización se encarga de mostrar información al encontrarse en las coordenadas ancladas para presentar objetos 3D, utilizando el GPS del dispositivo móvil, generando una respuesta adecuada para presentar la información.

En la Figura 7 se observa cómo se encuentran conformados los paquetes de Recorrido Virtual para el manejo de la visualización del campus universitario a través de fotografías en 360.

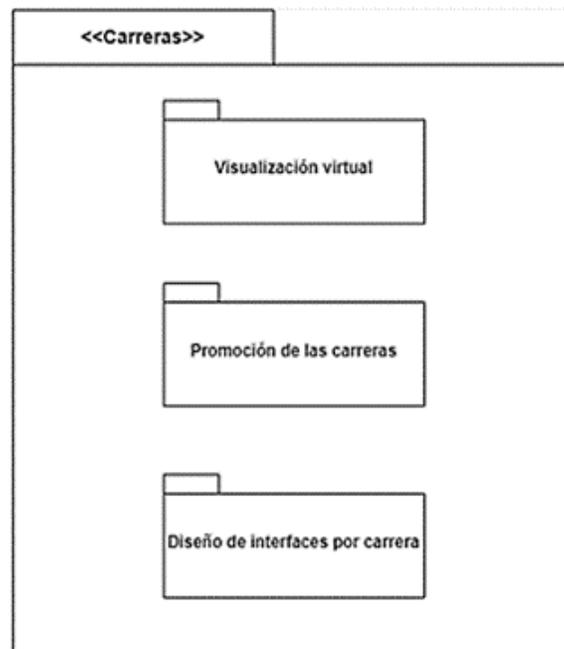


**Figura 7.** Diagrama de paquete de Recorrido Virtual  
(elaboración propia)

Cada paquete de Recorrido Virtual suele estar asociado en la aplicación, la cual define el funcionamiento para poder acceder a la información al entrar al apartado del recorrido.

El Recorrido Virtual se encarga de mostrar el campus universitario en fotografías 360 y presentar información al encontrarse en los módulos correspondientes, generando una respuesta adecuada.

En la Figura 8 se observa cómo se encuentran conformados los paquetes para el manejo de la visualización de las carreras disponibles dentro de la Universidad.



**Figura 8.** Diagrama de paquete de Carreras  
(elaboración propia)

Cada paquete de Carreras suele estar asociado en la aplicación, de manera que al entrar a este apartado se define el funcionamiento para poder acceder a la información.

El apartado de Carreras se encarga de mostrar la información de las trayectorias disponibles en la universidad: presenta información, imágenes, documentos necesarios para el registro y la inscripción, etcétera.

## Resultados

Enseguida se analizan los resultados obtenidos en relación con los objetivos generales y específicos establecidos. Se examinan las tecnologías AR que fueron desarrolladas para la aplicación y el funcionamiento de ésta.

## Análisis de requerimientos del sistema

Se revisaron los siguientes requerimientos para la aplicación:

- ✓ La aplicación muestra una interfaz limpia y llamativa para la y el usuario.
- ✓ La aplicación permitirá acceder a apartados a través de botones.
- ✓ La aplicación permitirá visitar de manera virtual el campus universitario.
- ✓ La aplicación muestra la exclusividad de la Universidad Tecnológica de Manzanillo, mostrando el logotipo y el color de la institución.
- ✓ La aplicación muestra los apartados necesarios para el funcionamiento de la Realidad Aumentada.
- ✓ La aplicación cuenta con Visualización AR, Geolocalización, Recorrido Virtual y Carreras.



## Identificación de funcionalidades necesarias

Derivado del análisis de requerimientos previos, se determinaron las siguientes funcionalidades a trabajar:

- La aplicación debía permitir a los usuarios y usuarias escanear marcadores específicos en el campus universitario para acceder a contenidos digitales sobre programas académicos y servicios estudiantiles.
- La inclusión de un Manual de Usuario detallado en la aplicación permitiría conocer de manera completa todas las funcionalidades y características disponibles, así como recibir orientación sobre cómo utilizar la aplicación de manera eficiente.
- El Recorrido Virtual por las instalaciones de la universidad se planteó como una función destacada que permitiría a los usuarios y usuarias explorar de manera virtual diferentes áreas del campus.
- La toma de fotografías en 360 grados se consideró una funcionalidad atractiva y novedosa que permitiría a los usuarios y a las usuarias capturar momentos y lugares de interés dentro del campus en un formato interactivo.
- Vuforia se destacó por su capacidad de reconocimiento de marcadores, lo que sería fundamental para la Visualización de Realidad Aumentada en la aplicación.
- Por su parte, Google ARCore y Google Geospatial Creator proporcionaron funcionalidades avanzadas de detección de superficies y geolocalización, lo que enriquecería la experiencia de los usuarios.

## Asignación de módulos de RA

La generación de tecnologías y de información para la aplicación de Realidad Aumentada fue un proceso fundamental para el desarrollo exitoso del proyecto. Se llevaron a cabo investigaciones sobre las tecnologías disponibles, así como recopilación de información relevante sobre la universidad y su oferta académica.

En cuanto a éstas, se seleccionaron cuidadosamente las herramientas más adecuadas para el desarrollo de la aplicación. Unity se eligió como el motor de desarrollo principal debido a su versatilidad y capacidad para crear experiencias inmersivas de Realidad Aumentada. Vuforia fue incorporado para permitir el reconocimiento de marcadores y la superposición de elementos digitales en el entorno real. Además, Google ARCore y Google Geospatial Creator se utilizaron para la detección de superficies y la geolocalización, lo que enriqueció la experiencia de las y los usuarios y permitió una interacción más fluida con la aplicación.

## Determinación de RA

El proceso de generación de ideas y de tecnologías para la aplicación de Realidad Aumentada de la Universidad Tecnológica de Manzanillo fue altamente fructífero y enriquecedor. Se generaron las siguientes propuestas:

- Unity, como motor de desarrollo principal, ofrecía un entorno versátil y flexible para la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada, permitiendo una integración fluida con otras tecnologías y herramientas de desarrollo.



## Desarrollo de las tecnologías

El desarrollo de las tecnologías utilizadas para la aplicación de Realidad Aumentada fue un proceso complejo pero altamente satisfactorio. Se utilizaron varias tecnologías clave que permitieron crear una experiencia de Realidad Aumentada inmersiva y de calidad para los usuarios<sup>4</sup>.

Unity fue el motor de desarrollo principal utilizado para crear la aplicación. Su capacidad para trabajar con gráficos 3D, animaciones y efectos visuales fue fundamental para crear una experiencia inmersiva para las y los usuarios. Además, Unity permitió una fácil integración con otras tecnologías como Vuforia y ARCore, lo que simplificó el proceso de desarrollo.

## Pruebas de los elementos diseñados con RA para identificar el funcionamiento de la aplicación.

Las pruebas de las RA desarrolladas para la aplicación fueron fundamentales para identificar el funcionamiento y la usabilidad de la aplicación. Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas en diferentes etapas del desarrollo para asegurar que la aplicación cumpliera con los estándares de calidad y ofreciera una experiencia satisfactoria para las y los usuarios.

Durante las pruebas iniciales, se verificó el correcto funcionamiento de la detección de marcadores mediante Vuforia y la superposición de elementos virtuales en el entorno real. Se evaluó la precisión y la

rapidez con la que la aplicación reconocía los marcadores y mostraba la información correspondiente. Además, se examinó la estabilidad y la fluidez de la aplicación durante la interacción con los elementos virtuales<sup>5</sup>.

En las pruebas de detección de superficies y geolocalización se evaluó la capacidad de la aplicación para detectar superficies horizontales y superponer elementos virtuales de manera precisa. Se verificó que los elementos virtuales se adaptaran correctamente a diferentes tipos de superficies y que la experiencia de geolocalización fuera precisa y confiable.

## Discusión

Con la misma secuencia de tópicos abordados en la sección de Resultados, enseguida se discute sobre las decisiones tomadas en el desarrollo de la aplicación.

## Análisis de requerimientos del sistema

Durante la gestión de la toma de requerimientos, surgieron diferentes ideas para la aplicación, por motivos de tiempo, se determinó que podrían ser involucrados en futuras actualizaciones.

Esto último implica actualizar constantemente la app para mantener activa la aplicación dentro de la **Play Store**.



## Identificación de funcionalidades necesarias

El proceso de identificación de funcionalidades fue fundamental para definir el alcance y los objetivos de la aplicación. Durante el análisis, se identificaron las principales áreas de interés para las usuarias y los usuarios, tales como la visualización de contenido en Realidad Aumentada, la geolocalización de puntos de interés dentro del campus, el acceso a un manual de usuario(a) detallado y la posibilidad de realizar un recorrido virtual por las instalaciones de la universidad.

Se determinó que la aplicación debía ser compatible con dispositivos Android, dado que es el sistema operativo más utilizado entre el público objetivo. Asimismo, se reconoció la importancia de contar con una interfaz amigable e intuitiva que permitiera a las y los usuarios interactuar de manera fácil y rápida con la aplicación.

## Determinación de la RA

La generación de ideas y la selección de tecnologías fueron procesos fundamentales para el éxito del proyecto. La diversidad de ideas generadas permitió explorar diferentes enfoques y enriquecer el diseño de la aplicación. La discusión y el análisis de las tecnologías disponibles permitieron tomar decisiones informadas y seleccionar las herramientas más adecuadas para alcanzar los objetivos del proyecto.

## Asignación de módulos de RA

La generación de tecnologías de información implicó un proceso de aprendizaje para el equipo de desarrollo. La familiarización con las tecnologías de Realidad Aumentada y la obtención de información relevante sobre la universidad requerían un esfuerzo constante y dedicación. Sin embargo, el conocimiento adquirido durante este proceso fue esencial para el desarrollo exitoso de la aplicación.

## Desarrollo de las tecnologías

El desarrollo de las tecnologías utilizadas para la aplicación fue un proceso que requirió una comprensión profunda de cada una de ellas y la capacidad de integrarlas de manera efectiva para lograr los objetivos del proyecto. La elección de Unity como el motor de desarrollo fue acertada, ya que proporcionó las herramientas necesarias para crear un entorno virtual rico en detalles y funcionalidades.



## Pruebas de los elementos diseñados con RA para identificar el funcionamiento de la aplicación

Las pruebas de las realidades aumentadas fueron un componente crítico del proceso de desarrollo de la aplicación, ya que permitieron identificar y corregir posibles problemas antes del lanzamiento. Gracias a las pruebas, se aseguró que la aplicación cumpliera con los estándares de calidad y brindara una experiencia satisfactoria y sin problemas para el público usuario.

## Conclusiones

El desarrollo de UTeM Visions ha sido una experiencia enriquecedora y exitosa. A lo largo de este proceso, hemos logrado desarrollar una herramienta innovadora que cumple con el objetivo de promover y difundir la oferta académica, infraestructura y servicios de la universidad de una manera atractiva y novedosa.

Durante el proceso de desarrollo nos enfrentamos a diferentes desafíos y obstáculos que requirieron una planificación cuidadosa y soluciones creativas. La colaboración con asesores académicos y empresariales proporcionó valiosos aportes y orientación, permitiendo que el proyecto evolucionara y se ajustara de acuerdo con las necesidades y expectativas.

Como resultado final, esta aplicación

representa un paso adelante en la implementación de tecnologías innovadoras en el ámbito educativo. A medida que la tecnología de realidad aumentada continúa avanzando, esta aplicación sienta las bases para futuras mejoras y ampliaciones, permitiendo a la Universidad Tecnológica de Manzanillo mantenerse a la vanguardia en la promoción educativa y la interacción con los estudiantes.

UTeM Visions se convierte en un logro significativo que beneficiará a la institución y a las y los futuros estudiantes, al brindarles una experiencia única y enriquecedora al explorar las instalaciones y programas académicos de la universidad.

## Referencias

1. RIVERO, Jenny y Torres, K. *Desarrollo Adaptable de Software (ASD)*. Barinas, Venezuela. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". 2014.
2. TAN, Q., Chang, W. y Kinshuk. Location-Based Augmented Reality for Mobile Learning: Algorithm, System, and Implementation. *Electronic Journal of e-Learning*. Vol. 13 (2), pp. 138-148. 2015. ISSN 1479-4403.
3. GOOGLE. *Descripción general de ARCore y los entornos de desarrollo compatibles*. [En línea]. 22 de noviembre de 2022. [Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://developers.google.com/ar/develop?hl=es-419>.
4. SENUM, David. *How to Make an Augmented Reality App with Vuforia and Unity3D*. [En línea]. Jasonren. [Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://jasoren.com/making-an-ar-app-with-vuforia-and-unity3d/#:~:text=Activating%20Vuforia%20in%20Unity3D,Vuforia%20Augmented%20Reality%20Supported%20checkbox>.
5. Vuforia. *Getting Started with Vuforia Engine in Unity. Euforia Developer Library*. [En línea]. 2017. [Fecha de consulta: 14 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://library.vuforia.com/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity>.

Fecha de recepción

Fecha de aceptación

Fecha de publicación

19/09/2023

29/01/2024

31/05/2024

35



# Análisis de empresas B para la mejora de prácticas empresariales en México

*Analysis of B companies to improve business practices in Mexico*

María Guadalupe de Lourdes Acosta Castillo, María Guadalupe Arredondo Hidalgo y Dulce Marisol Arteaga Godoy /

Tecnológico Nacional de México - ITS Guanajuato / Universidad de Guanajuato

## Resumen

Las organizaciones se relacionan con su entorno, pues afectan o benefician directamente cuestiones ambientales y sociales. Aquí se analizan empresas con la certificación “B”, la cual pretende incrementar el impacto a la sociedad y al ambiente. Se comienza con una investigación documental, y posteriormente se analizan las empresas certificadas en contraste con las que no han sido evaluadas, buscando aportar recomendaciones que contribuyan a sus prácticas empresariales. Los resultados afirman que las certificadas como empresas B están comprometidas en su forma de operar, lo que las lleva a generar ganancias económicas, con la misión de beneficiar al planeta y a todas las partes interesadas; de manera que se responsabilizan de los resultados de sus procesos de producción, generando impactos sociales y ambientales medibles. Para las organizaciones no certificadas, examinar las prácticas y políticas de empresas B exitosas puede inspirarlas para adoptar enfoques más sostenibles y éticos en sus propias operaciones.

**Palabras clave:** sociedad, medio ambiente, responsabilidad social empresarial, empresas B.

## Abstract

Organizations relate to their environment, as they directly affect or benefit environmental and social issues. Here companies with the “B” certification are analyzed, which aims to increase the impact on society and the environment. It begins with a documentary investigation, and subsequently the certified companies are analyzed in contrast to those that have not been evaluated, seeking to provide recommendations that contribute to their business practices. The results affirm that those certified as B companies are committed in their way of operating, which leads them to generate economic profits, with the mission of benefiting the planet and all interested parties; so that they take responsibility for the results of their production processes, generating measurable social and environmental impacts. For non-certified organizations, examining the practices and policies of successful B Corps can inspire them to adopt more sustainable and ethical approaches in their own operations.

**Keywords:** society, environment, corporate social responsibility, B companies.



## Introducción

Históricamente las prácticas de las empresas en cualquier industria han ido evolucionando en conjunto con cuestiones sociales y ambientales, esto ha sido motivado por temas reglamentarios o por exigencias implícitas de su mercado, las cuales contemplan áreas de oportunidad en su impacto hacia la sociedad y el medio ambiente. Si bien actualmente hay normas que incitan a un actuar responsable de las empresas, estas reglas pueden llegar a ser insuficientes debido a la gran diversidad de procesos y servicios, por ello es necesario que las empresas se comprometan e involucren de manera directa con su impacto corporativo en distintas áreas.

Actualmente en México hay alrededor de 106 empresas (con operaciones en distintos rubros) que han adquirido un compromiso voluntario para medir su impacto y así aspirar a obtener la certificación “B”. Este distintivo internacional se deriva de la medición de efectos en áreas como: gobernanza, comunidad, clientes, trabajadores y medio ambiente, lo que se puede considerar como una forma de operatividad responsable. Sin embargo, el número de organizaciones en todo el territorio nacional que no tienen como prioridad obtener la etiqueta “B” es considerable, porque esto significa que las empresas sólo se crean en el sentido económico y de rentabilidad, dejando de lado el impacto que puedan tener en la sociedad.

Resulta entonces significativo el realizar un análisis profundo con el objetivo de contrastar las prácticas y formas de operar de las empresas B, con aquellas que no han obtenido esta certificación. Esta investigación es un punto de partida para obtener información en casos específicos acerca de su desempeño y su relación con las distintas partes interesadas.

En el presente documento se realiza un análisis de fuentes secundarias, con base en el paradigma cualitativo, descriptivo, apoyado por una herramienta de recolección de información. La muestra en donde se lleva a cabo el proceso de investigación se ha tomado del padrón de empresas registradas en la plataforma de certificación de Empresas B para México. Lo que se busca como objetivo es emitir algunas recomendaciones que contribuyan al crecimiento y mejoramiento de las prácticas empresariales en México.

## Objetivo:

Contrastar las prácticas y formas de operar de las empresas B, con aquellas que no han obtenido esta certificación, para generar las recomendaciones que contribuyan a mejorar sus prácticas empresariales.

## Planteamiento del problema

Durante mucho tiempo las empresas desarrollaron una falta de confianza por parte de las y los consumidores, ya que eran responsabilizadas por los principales problemas económicos, sociales y del medio ambiente, todo esto en un contexto de cambio constante<sup>1</sup>.

En un entorno cada vez más globalizado, donde los retos para las empresas persisten desde una perspectiva de responsabilidad social, esto implica que las organizaciones deben alinear sus procesos, prácticas, operaciones y decisiones, a fin de reducir las consecuencias que puedan tener en lo social, medioambiental o legal.



Las Empresas B buscan ser un agente de cambio mediante la ruptura de los paradigmas netamente mercantilistas, para dar lugar a la articulación de actividades que detonen el desarrollo social y sostenible. Este sistema B apunta a una economía donde la creación de valor es integral, desde las estructuras mismas de las organizaciones, creando también ese valor para el mundo. Las Empresas B favorecen los más altos estándares de prácticas sociales, ambientales y de gobernanza, tienden a ser mucho más resilientes durante las crisis, haciendo frente a las situaciones de vulnerabilidad<sup>2</sup>.

Las Empresas B buscan además un cambio por medio de sus relaciones con el entorno, en búsqueda de la solución de problemas relacionados con el ambiente y la sociedad, cumpliendo con un estricto sistema de certificación y validación, donde se implica también la modificación a las estructuras legales, que favorezcan tanto a la sociedad como al sector privado<sup>3</sup>.

Adicionalmente, las Empresas B han demostrado el potencial de realizar cambios para el bien de las personas que trabajan en conjunto con las organizaciones, donde los beneficios obtenidos impactan de manera directa para el entorno natural, disminuyendo el deterioro medioambiental y fomentando la sustentabilidad<sup>1</sup>. La diferencia entre los modelos de negocios tradicionales y los modelos de negocios sustentables se puede basar en la creación sostenida de valor para las y los clientes en el caso de los modelos tradicionales, y en cubrir las necesidades de valor en un ecosistema o en una sociedad para el caso de los modelos sustentables<sup>4</sup>.

Las Empresas B utilizan el potencial y las herramientas empresariales encontradas de manera tradicional en el sector privado, para obtener un beneficio público que lleve a la generación de bienestar social y al mismo tiempo, persiguen fines de lucro, de donde obtienen utilidades<sup>5</sup>.

El valor que crean las empresas no se refiere únicamente a innovaciones tecnológicas de sus procesos o de sus productos, también se es considerado un incremento de valor la forma en que las unidades económicas interactúan con su entorno y en su interior, formando nuevas estructuras organizacionales<sup>6</sup>.

En América Latina, las Empresas B producen beneficio tanto para empresarios y empresarias como para los países donde operan y los grupos de interés involucrados, responsabilizándose además de los resultados negativos o positivos que obtienen, así como el impacto generado ante la sociedad y su entorno<sup>7</sup>.

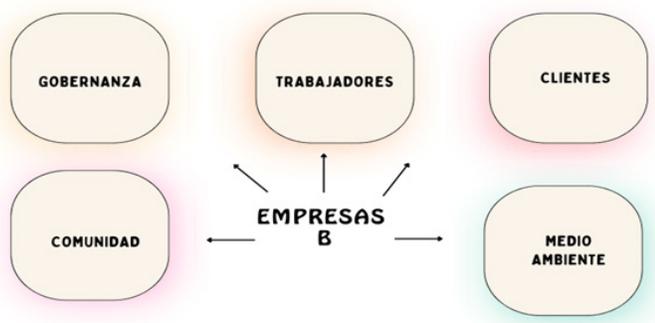
Es necesario tener acciones en la comunidad que compartan los beneficios de quienes están en un mismo contexto industrial. A partir de lo anterior, se relacionará el proceso de investigación para realizar propuestas de mejora en las organizaciones que no cuentan con el distintivo de Empresas B.



## Método de trabajo

En el presente documento se realiza un análisis de fuentes secundarias, con base en el paradigma cualitativo, descriptivo, apoyado por una herramienta de recolección de información. La muestra en donde se lleva a cabo el proceso de investigación se ha tomado del padrón de organizaciones registradas en la plataforma de certificación de Empresas B para México.

La investigación se realizó, de manera inicial, en forma documental, delimitando el contexto de las Empresas B y sus características; para posteriormente aplicar el instrumento de recolección de información basado en las cinco áreas de impacto del modelo: a. Gobernanza, b. Trabajadores, c. Comunidad, d. Medio ambiente y e. Clientes (Figura 1). Este instrumento de recolección se elaboró mediante 115 reactivos en una escala de Likert, apoyado en las características que tiene la Evaluación de Impacto B<sup>2</sup>, es una herramienta de gestión que permite medir el impacto socioambiental de las organizaciones.



**Figura 1.** Áreas de análisis de las empresas B (elaboración propia, con base en Sistema B México, 2022<sup>2</sup>)

Una vez aplicado el instrumento de recolección de información, se analizaron los resultados con ayuda de la estadística descriptiva, para caracterizar los principales hallazgos.

## Análisis documental

Con el paso del tiempo, en América Latina, las empresas se han vuelto cada vez más importantes para la sociedad, la cual ha ido desarrollando exigencias a nivel comunitario en cuanto a las prácticas de las organizaciones y a sus repercusiones. Además, esto ha contribuido a lo largo del tiempo a que las nuevas normas y reglas reconocidas por el gobierno sean planteadas en principio por movimientos sociales. Es importante, hasta este punto, reconocer que las empresas pueden ser un importante estímulo en áreas tanto sociales como ambientales, para alcanzar una mejor calidad de vida. No obstante, algunas solo generan un efecto contrario, puesto que impactan negativamente a su entorno, sin tomar en cuenta las consecuencias de sus actividades en los grupos de interés, hacia los cuales prestan poca atención. Aunque gran parte de las empresas tienen un papel fundamental en el avance de las economías que las albergan, a su vez también son señaladas como las responsables del incremento en la pobreza y a las enormes brechas de desigualdad económica mundial<sup>8</sup>.

Las Empresas B son aquellas que deciden someterse a estrictos estándares en distintas áreas de impacto, buscando disminuir cualquier efecto negativo, tanto en cuestiones ambientales como sociales o legales. De esta manera, todas las empresas con el distintivo B asumen de manera voluntaria un compromiso con las partes interesadas y con la sociedad, el cual contribuye activamente a cambiar las prácticas empresariales de manera positiva en busca de un mundo de negocios cada vez más relacionado con temas de interés social. Esta iniciativa es cada vez más reconocida y puesta en práctica en el rubro empresarial<sup>9</sup>.

Actualmente, en el ámbito empresarial existe una cantidad considerable de certificaciones a las cuales las empresas pueden aspirar. Para el caso de la obtención del modelo de Empresa B, el proceso no es muy conocido o tomado en cuenta como prioridad, para las empresas que efectúan sus operaciones en América Latina, y especialmente si se analiza México. Pacheco y Rodríguez<sup>9</sup>, en su artículo publicado en el año 2019, observaron que la principal razón por la que no había un porcentaje mayor al 3 % de organizaciones con la certificación B, es debido a que se desconocía de su existencia, esto tomando como referencia una muestra de 62 empresas de un total de 110, que para ese entonces estaban establecidas en una localidad de Colombia.

Entre las principales razones que llevan a las organizaciones a que sean certificadas como Empresas B, se encuentra el interés de las o los accionistas para mantener su marco de regulación y el encontrar una herramienta donde se destaquen las áreas donde presentan oportunidades de mejora. De manera adicional, certificarse como Empresas B les ofrece el acceso a redes de

inversión y difusión, donde se potencializa su presencia en el mercado, como empresas genuinamente interesadas en el bienestar social y ambiental<sup>10</sup>.

## Aplicación de instrumento de recolección de información

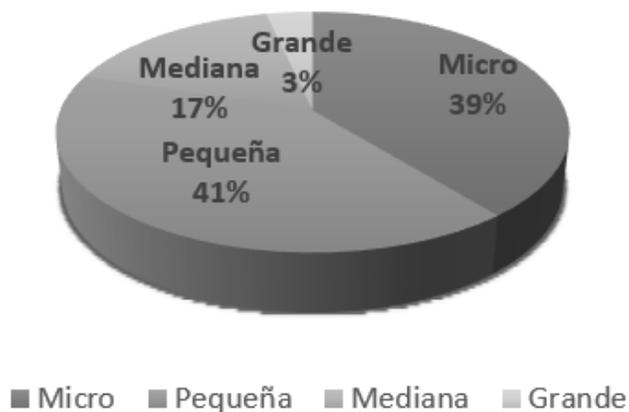
El instrumento de recolección de información aplicado está basado en las cinco áreas de evaluación para la certificación: a. Gobernanza, b. Trabajadores, c. Comunidad, d. Medio ambiente y e. Clientes. El instrumento fue aplicado a una muestra por conveniencia de 22 empresas, 11 de ellas certificadas como Empresas B y a 11 organizaciones sin certificación, las cuales se encuentran distribuidas geográficamente en diferentes estados en la República Mexicana.

## Resultados y análisis de datos

De acuerdo con el análisis descriptivo, en México existen 85 empresas con la certificación B. La mayor proporción (41 %) corresponde a un tamaño pequeño, y a su vez, el 50 % de este segmento orienta sus actividades al sector de los servicios, generando una menor huella ambiental en sus operaciones. El sector que sigue es el de las empresas que manufacturan, con un 21 %, como se muestra en las figuras 2 y 3. En el trabajo de campo realizado para la presente investigación, se analizaron 22 organizaciones, de las cuales 11 cuentan con certificación B, que corresponde al estrato de las microempresas, que representa el 39 % a nivel nacional en México.

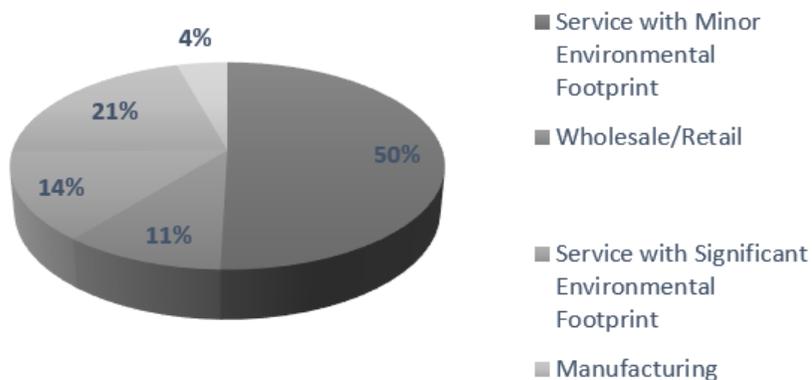


## Tamaño de empresa



**Figura 2.** Tamaño de las empresas con certificación B (elaboración propia con base en Sistema B México, 2022 <sup>2</sup>)

## Sectores empresas B



**Figura 3.** Sector de las empresas mexicanas con certificación B (elaboración propia con base en Sistema B México, 2022 <sup>2</sup>)

Una vez aplicado el instrumento de recolección de los datos, en la Tabla 1 se puede observar que, en el área de comunidad, 17 de las 22 empresas participantes consideran el impacto social y ambiental como el parámetro más prioritario. Incluso se considera como esencial, aun antes que la generación de rentabilidad económica. De estas organizaciones, 11 se encuentran certificadas como Empresas B, mientras que 6 no cuentan con la certificación, esto es algo positivo debido a que el tener

como esenciales estas áreas, su misión repercute en el beneficio de todas las partes interesadas a lo largo de la cadena de valor de las empresas.

Por otra parte, 3 empresas no certificadas toman en cuenta dichas áreas, sin llegar a comprometer una mayor rentabilidad por ello, lo que comunica que, aunque es prioridad, hay un nivel jerárquico mayor ocupado por las ganancias, lo que contrasta con las 2 empresas restantes que no cuentan con la certificación.

**Tabla 1.** Resultados en área de Comunidad  
(elaboración propia)

Opinión Tipo de empresa, por su certificación	Considera el impacto social un parámetro importante, incluso mayor que la rentabilidad.	A menudo toman en cuenta el impacto social de su empresa sin comprometer la rentabilidad.	No consideran el impacto social como un aspecto importante de la empresa.
Empresas que pertenecen al padrón de Empresas "B"	11	-	-
Empresas que no pertenecen al padrón de Empresas "B"	6	3	2

Como se observa en la Tabla 2, para el área de Gobernanza, 11 empresas que actualmente cuentan con la certificación B y 6 empresas que no cuentan con certificación, hacen público un informe de desempeño social o ambiental. 4 empresas no certificadas publican la información a los miembros de su junta directiva y una empresa no certificada no hace pública su información.



**Tabla 2.** Resultados en el área de Gobernanza  
(elaboración propia)

Desempeño social y ambiental Tipo de empresa, por su certificación	Hacen público su informe de desempeño social y ambiental.	Publican a los miembros de la directiva su desempeño social y ambiental.	No publican su información social y ambiental.
Unidades que pertenecen al padrón de Empresas "B"	11	-	-
Unidades que no pertenecen al padrón de empresas "B"	6	4	1

En el apartado relacionado con las y los trabajadores, se hace referencia al salario mínimo vital de una persona, por lo que se midió el porcentaje de empleados de tiempo completo que reciben como mínimo dicha cantidad, como respuesta se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Resultados en el área de Trabajadores.  
Fuente: elaboración propia, 2023

Sueldo mínimo vital Tipo de empresa, por su certificación	100 % de las y los empleados reciben un sueldo igual o mayor al salario mínimo.	Entre el 90 % y el 99 % de las y los empleados reciben un sueldo igual o mayor al salario mínimo.	No se conoce el porcentaje de empleados(as) que tienen un sueldo igual o mayor al salario mínimo.
Empresas que pertenecen al padrón de empresas "B"	11	-	-
Empresas que no pertenecen al padrón de empresas "B"	-	8	3

En el área relacionada con sus Clientes, 8 unidades certificadas como Empresas B expresaron que el 75 % de sus productos cuentan con certificación que acredita su impacto ante el medio ambiente; mientras que 3 empresas certificadas y 5 no certificadas cuentan con un rango de 50 % a 74 %, lo cual indica que no todos sus productos cumplen con este apartado. Por otra parte, 6 empresas no certificadas no cuentan con productos evaluados y certificados por sus impactos ambientales (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados en el área de Clientes  
(elaboración propia)

Sueldo mínimo vital Tipo de empresa, por su certificación	Cuentan con más del 75 % de productos evaluados y certificados por sus impactos ambientales.	Cuentan con un rango de 50 % a 74 % de productos evaluados y certificados por sus impactos ambientales.	No cuentan con productos evaluados y certificados por sus impactos ambientales.
Empresas que pertenecen al padrón de empresas "B"	8	3	-
Empresas que no pertenecen al padrón de empresas "B"	-	5	6

Finalmente, para el área de Medio ambiente, 8 empresas certificadas como Empresas B cuentan con cero producciones de desechos, y 3 unidades certificadas solamente monitorean y registran su producción de desechos. En cuanto a las empresas que no se encuentran certificadas, 5 monitorean y registran su producción de desechos, mientras que 6 de ellas no monitorean ni mantienen un registro de la producción de sus desechos (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resultados en el área de Medio ambiente  
(elaboración propia)

Producción de desechos Tipo de empresa, por su certificación	Cuentan con cero producción de desechos.	Monitorean y registran su producción de desechos.	No monitorean ni registran su producción de desechos.
Empresas que pertenecen al padrón de empresas "B"	8	3	-
Empresas que no pertenecen al padrón de empresas "B"	-	5	6



La comparación que se presenta entre las unidades que están certificadas como Empresas B y aquellas que no, muestra principalmente que las empresas con este certificado lo han obtenido por cumplir con estándares rigurosos en términos de impacto social y ambiental, transparencia y responsabilidad, mientras que las empresas no certificadas pueden tener una variedad de enfoques en términos de sostenibilidad, desde aquellas que han adoptado prácticas sostenibles de manera integral hasta aquellas que aún no han integrado plenamente consideraciones sociales y ambientales en sus operaciones.

## Discusión

Aunque las Empresas B han ganado reconocimiento por su enfoque en la sostenibilidad y la responsabilidad social, también han sido objeto de críticas en la variación de sus criterios de evaluación y ponderación de sus operaciones auditadas. Existe un debate sobre si las Empresas B pueden ser tan rentables y competitivas como las organizaciones tradicionales que no priorizan la sostenibilidad. Algunas y algunos críticos argumentan que el enfoque en los objetivos sociales y ambientales podría afectar negativamente la rentabilidad y la eficiencia de una empresa<sup>11</sup>.

La complejidad y la falta de comprensión por parte de las y los consumidores sobre la certificación como Empresa B y otros sellos de sostenibilidad son también objeto de críticas. Algunos(as) argumentan que la falta de claridad y la sobrecarga de información pueden generar escepticismo y desconfianza entre el público consumidor<sup>3</sup>, como en el caso del presente estudio, donde las empresas no certificadas participantes desconocían la certificación B y sus implicaciones. Estas críticas reflejan la complejidad del movimiento hacia prácticas comerciales más sostenibles y

la necesidad de abordar los desafíos y las preocupaciones en torno a las Empresas B de manera transparente y efectiva en cada uno de los países donde tienen presencia.

## Conclusiones

Con el desarrollo de la presente investigación, puede observarse que la comparación entre empresas certificadas como Empresas B y aquellas no certificadas dependerá de la naturaleza específica de cada empresa, el sector donde se desenvuelven, y sus esfuerzos individuales hacia la sostenibilidad y la responsabilidad social.

En el caso de México, comparar Empresas B con entidades no certificadas puede servir como un punto de referencia para evaluar el impacto y las prácticas sostenibles. Esto ayuda a entender cómo las organizaciones certificadas se desempeñan en comparación con aquellas que aún no han buscado o no han obtenido la certificación.

Los resultados de estas comparaciones pueden influir incluso en la formulación de nuevas políticas públicas, siempre que las Empresas B demuestren consistentemente un impacto positivo. La comparación entre

empresas certificadas como Empresas B y empresas no certificadas puede ser una herramienta valiosa para promover la sostenibilidad, mejorar prácticas comerciales y fomentar un enfoque más ético y responsable en el mundo empresarial.

## Referencias

1. CHESBROUGH, Henry; Lettl, C. y Ritter, T. 2018. Value Creation and Value Capture in Open Innovation: Value Creation and Value Capture. *The Journal of product innovation management*. [En línea]. Vol. 35 (6), pp. 930–938. Noviembre de 2018. [Fecha de consulta: 20 de enero de 2024]. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jpim.12471> ISSN: 0737-6782.
2. SISTEMA B. *Sistema B en Latinoamérica*. [En línea]. 2022. [Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://www.sistemab.org/mexico/>
3. ROTH, Florentine Mariele Sophie y Winkler, I. Challenging the Traditional Way of Doing Business. [En línea]. En: B Corp Entrepreneurs, pp. 1–9. Palgrave Pivot. 21 de junio de 2018. [Fecha de consulta: 20 de enero de 2024]. Disponible en [https://doi.org/10.1007/978-3-319-90167-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-90167-1_1) Online ISBN: 978-3-319-90167-1
4. KRAUS, Sascha; Filser, M., Puumalainen, K., Kailer, N. y Thurner, S. Business Model Innovation: A Systematic Literature Review. *International Journal of Innovation and Technology Management*. [En línea]. Vol. 17 (6). Octubre de 2020. [Fecha de consulta: 20 de enero de 2024]. Disponible en <https://doi.org/10.1142/s0219877020500431> ISSN: 1793-6950.
5. CORREA, María Emilia. *Sistema B y las empresas B en América Latina: Un movimiento social que cambia el sentido del éxito empresarial*. [En línea]. Caracas. CAF: Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. 14 de junio de 2019. [Fecha de consulta: 20 de enero de 2024]. Disponible en <https://ideas.repec.org/b/dbl/dblbks/1436.html> ISBN: DC2019000636.
6. BEAUMONT FRAÑOWSKY, Martín. La innovación en los modelos de negocio de las empresas B de América Latina. *Innovar*. [En línea]. Vol. 34 (92). Septiembre de 2023. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2024]. . en <https://doi.org/10.15446/innovar.v34n92.100498> ISSN 2248-6968.
7. ACEVEDO-DUQUE, Ángel; Álvarez-Herranz, A. P. y Artigas, W. Contribución a la marca país a través de la sostenibilidad de los procesos productivos en Chile: Empresas B Corp. *Retos*. [En línea]. Vol. 13 (26), pp. 253–271. 23 de noviembre de 2023. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2024]. Disponible en <https://doi.org/10.17163/ret.n26.2023.05> e-ISSN: 1390-8618
8. GAMBARO, Esteban y García, L. . Empresas B: Una gestión estratégica apoyada en el conocimiento. *Actualidad Contable FACES*. [En línea]. Núm. 42, pp.125–149.2021. [Fecha de consulta: 10/01/2024]. Disponible en <https://doi.org/10.53766/accon/2021.42.05> ISSN: 2244-8772
9. RODRÍGUEZ-TÉLLEZ, Fabián y Pacheco-Sánchez, C. A. Empresas B: Un diagnóstico sobre su aplicabilidad. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*. [En línea]. Vol. 10 (10), pp. 2-9. 2019. [Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2023]. Disponible en <http://portal.amelica.org/ameli/journal/737/7373930001/> e-ISSN: 2422-2518
10. AMATO, Celina Noé. Investigación en Responsabilidad Social Empresaria y Sustentabilidad Corporativa: evolución, tensiones actuales y perspectivas futuras. *Cuadernos de Administración*. [En línea]. Vol. 34. 3 de junio de 2021. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2024]. Disponible en <https://doi.org/10.11144/javeriana.cao34.irsesc>. ISSN: 1900-7205.
11. HALEBSKY, Stephen. The B Corp handbook: How to use business as a force for good. *Community Development*. [En línea]. Vol. 49 (1), pp. 116–117. 12 de noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 10 de enero de 2024]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/15575330.2017.1400194>. ISSN: 1944-7485.

**Fecha de recepción****Fecha de aceptación****Fecha de publicación**

05/10/2023

23/01/2024

31/05/2024



# Gestión y desarrollo de las pymes en la cabecera de La Huerta, Jalisco

*Management and development of SMEs in the capital of La Huerta, Jalisco*

Aida Muñoz Chávez, Fabricio García Amaral y Norberto Raúl Aranda Nogales/  
Instituto Tecnológico Superior José Mario Molina Pasquel y Henríquez - Unidad Académica La Huerta

## Resumen

Este estudio tiene como objetivo fundamental determinar las principales limitantes que inciden en la gestión y desarrollo de las pymes en la cabecera de La Huerta, Jalisco, teniendo presente el importante papel que desempeñan este tipo de empresas en cuanto a aportación al producto interno bruto, generación de empleos y desarrollo de comunidades en México. Sin embargo, se reconoce que es alto el nivel de fracaso empresarial en estas organizaciones. La investigación constituye un estudio indagatorio, no experimental, de enfoque mixto, con la utilización de las técnicas de análisis de contenido, encuestas y expertos. El principal resultado obtenido consiste en la determinación de las principales limitantes para el desarrollo de las pymes, lo que lleve a la posterior elaboración de propuestas por parte de los organismos involucrados a nivel local. Se concluye que son las insuficiencias financieras y gerenciales las que mayor peso tienen en los problemas de gestión.

**Palabras clave:** pymes, gestión, limitantes.

## Abstract

The fundamental objective of this study is to determine the main limitations that affect the management and development of small and medium-sized companies in the capital of La Huerta, Jalisco, keeping in mind the important role that this type of companies play in terms of contribution to the gross domestic product, generation of jobs and community development in Mexico. However, it is recognized that the level of business failure in these organizations is high. The research constitutes an investigative, non-experimental study, with a mixed approach, with the use of content analysis techniques, surveys and experts. The main result obtained consists of the determination of the main limitations for the development of SMEs, which leads to the subsequent preparation of proposals by the organizations involved at the local level. It is concluded that financial and managerial insufficiencies are those that have the greatest weight in management problems.

**Keywords:** SMEs, management, limitations.



## Introducción

Las micro, pequeñas y medianas empresas generan el 72 por ciento de empleos en México y cumplen un rol fundamental para la inclusión social, constituyen un eslabón determinante en la cadena de la actividad económica y son esenciales para el desarrollo regional y local<sup>1</sup>.

En el contexto nacional mexicano, según estudios de Ortiz, *et al.*<sup>2-3</sup>, López y colaboradoras<sup>4</sup> y Velázquez<sup>5</sup>, las pymes (pequeñas y medianas empresas) presentan las siguientes particularidades:

1. Operan con escalas bajas de producción.
2. Utilizan tecnologías adaptadas.
3. Existe un predominio de la propiedad familiar.
4. Su financiamiento procede de fuentes propias y presentan limitaciones para acceder a las fuentes de financiamiento.
5. Son el principal generador de empleos, el mejor distribuidor de ingresos entre la población y entre las regiones, indispensables para que las grandes empresas existan y un factor central para la cohesión social y la movilidad económica de las personas.
6. La clasificación está basada exclusivamente en el número de trabajadores de la empresa.
7. Alrededor del 98 % del sector empresarial mexicano son micro, pequeñas y medianas empresas.

A estas particularidades, se agrega que con el Tratado de Libre Comercio las empresas se ven presionadas para producir artículos de calidad y por lo mismo buscan ser competitivas y aprovechar mejor sus recursos técnicos, humanos y financieros. En la actualidad, los pequeños errores pueden generar impactos muy negativos, lo que obliga a utilizar nuevas técnicas y elevar el nivel de gestión empresarial, de lo cual no están excluidas las pymes.

Se reconocen como **ventajas de las pymes mexicanas**:

- ✓ La capacidad de generación de empleos (absorben una parte importante de la población económicamente activa).
- ✓ La asimilación y adaptación de tecnología.
- ✓ La producción local y de consumo básico.
- ✓ La contribución al desarrollo regional.
- ✓ La flexibilidad al tamaño de mercado.
- ✓ Fácil conocimiento de empleados(as) y trabajadores(as), que permite resolver los problemas que se presentan.
- ✓ La planeación y organización no requiere de mucho capital.
- ✓ Mantienen una unidad de mando que favorece una adecuada vinculación entre las funciones administrativas y operativas.
- ✓ Producen y venden artículos a precios competitivos, ya que sus gastos no son muy grandes y sus ganancias no son excesivas.

Se reconocen como **desventajas de las pymes mexicanas**:

- Una mayor susceptibilidad ante los problemas que se suscitan en el entorno económico (como la inflación y la devaluación).
- No soportan períodos largos de crisis, en los cuales disminuyen las ventas.
- Son más vulnerables a la fiscalización y el control gubernamental.
- La falta de recursos financieros las limita, ya que no tienen fácil acceso a las fuentes de financiamiento.
- Tienen pocas o nulas posibilidades de fusionarse o absorber a otras empresas.
- Su administración no es especializada, es empírica y por lo general la llevan a cabo los propios dueños o dueñas.



- Sus ganancias no son elevadas, por lo que muchas veces se mantienen en el margen de operación y con muchas posibilidades de abandonar el mercado.
- No contratan personal especializado y capacitado, por no poder pagar altos salarios.
- La calidad de la producción generalmente es deficiente, porque los controles de calidad son mínimos o no existen.
- No pueden absorber los gastos de capacitación y actualización del personal, y cuando lo hacen enfrentan el problema de la fuga de personal capacitado.
- Problemas de control.
- Deficiente o nula planeación estratégica.

De los estudios de Linares, *et al.*<sup>6</sup>, Ortiz y colaboradores<sup>2</sup>, López, *et al.*<sup>4</sup> y Velázquez, *et al.*<sup>5</sup>, se deduce que alrededor del 90 por ciento de las pymes en México son empresas familiares, hay carencia de personal profesional que oriente sobre cómo instrumentar los controles financieros, administrativos e internos; por la confianza que representa ser parte de la familia, el dueño o dueña no cree necesario tomar en cuenta un punto tan relevante como lo es el control interno. Una de las características más importantes es la falta de formalidad, por ausencia de una organización adecuada, inexistencia de manuales de procedimientos y ausencia de políticas que sean de conocimiento de todas y todos los miembros de la empresa, a lo que se une que la baja preparación profesional de las y los empleados de estas organizaciones y la cantidad de trabajadores(as) que poseen, muchos(as) de los cuales tienen vínculos familiares, limita la aplicación de

procedimientos administrativos.

Según los estudios de Ortiz, *et al.*<sup>2</sup>, presentan un alto nivel de fracaso empresarial, dentro de cuyas causales influyen factores tales como su administración empírica con falta de formalidad, generalmente realizada por los propios dueños o dueñas; falta de control interno, financiero y administrativo; ausencia de planeación y pobre preparación de sus propietarios(as) en aspectos gerenciales, contables y financieros.

Estas empresas desempeñan un papel importante para el desarrollo local de las comunidades donde tienen presencia. Sin embargo, los estudiosos del tema reconocen también su alto grado de fracaso empresarial en el país.

## Objetivo:

Determinar las principales limitantes que inciden en la gestión y desarrollo de las pymes en la cabecera de La Huerta, Jalisco.

## Planteamiento del problema

Las mipymes mexicanas presentan un alto nivel de fracaso empresarial, según muestran los estudios realizados por Velázquez, *et al.*<sup>5</sup> en las regiones Costa Sur y Sierra de Amula, Jalisco, donde se determinó que estas empresas presentaban problemas tales como falta de control financiero y control interno, pobre cultura gerencial, contabilidad fundamentalmente con fines fiscales y dificultades para acceder a los financiamientos externos.

Ante este contexto, se da una contradicción entre el papel que desempeñan estas empresas en el desarrollo local y la necesidad de una adecuada toma de decisiones que les permita crecer, dando lugar al problema de investigación que se expresa en las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son los principales problemas de gestión que presentan las pymes de la Huerta, Jalisco que les dificulta crecer?

¿Cómo se puede contribuir a aminorar estos problemas desde la perspectiva de la localidad?

## Modo de trabajo

El estudio constituye una investigación aplicada, exploratoria, no experimental, de enfoque mixto, conformada por cuatro momentos y seis pasos.

**Momento 1. Determinación de las variables:** su objetivo es definir las variables para la determinación de las limitantes en la gestión de las pymes. Este momento está compuesto de dos pasos:

Paso 1.1. Determinación de variables por el estado del arte.

Con la técnica de análisis de contenido de estudios realizados por Ortiz, *et al.*<sup>2</sup>, Velázquez, *et al.*<sup>5</sup> y la propia experiencia de la y los autores se determinaron cinco variables:

- a) Filosofía empresarial
- b) Gestión gerencial
- c) Gestión de capital humano
- d) Gestión mercadológica
- e) Gestión financiera

Paso 1. 2. Validación de las variables por criterios de expertos

Las variables determinadas se validaron por el criterio de diez expertos(as) con las siguientes características: todas y todos con grado de doctor, con más de 15 años de experiencia y amplios conocedores de las pymes de la región, por su quehacer profesional en despachos de contadores, académicos, investigadores y microempresarios.

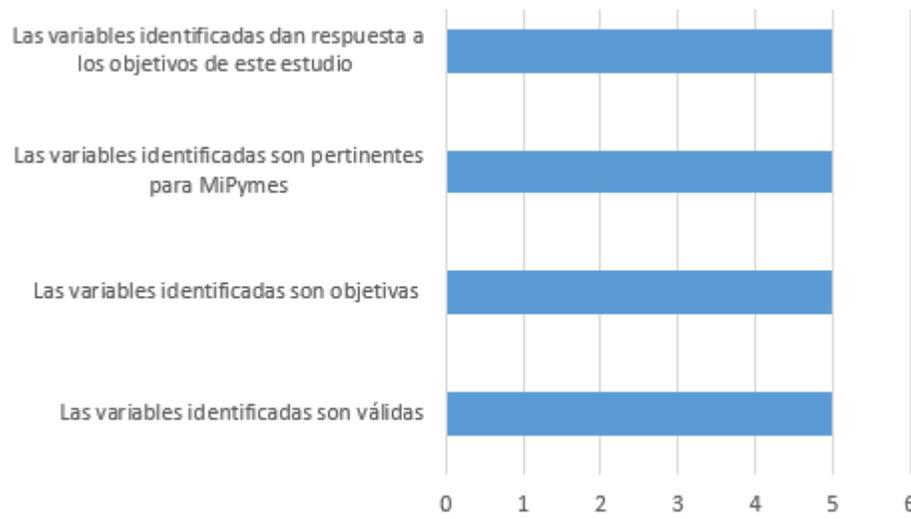
Para la realización de esta validación se conformó un cuestionario con la estructura que se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Cuestionario a aplicar a las y los expertos (elaboración propia)

Pregunta al experto(a)	5	4	3	2	1
¿Las variables identificadas son válidas?					
¿Las variables identificadas son objetivas?					
¿Las variables identificadas son pertinentes para pymes?					
¿Las variables identificadas dan respuesta a los objetivos de este estudio?					

Se utilizó una escala de Likert, y para el procesamiento de la respuesta de los expertos se empleó la moda.

En la Figura 1 se muestra el resultado de la validación de las y los expertos, que ratifica las variables inicialmente definidas al evaluarlas con muy de acuerdo todos los expertos.



**Figura 1.** Validación de variables por expertos (elaboración propia)

## Momento 2. Diseño de la encuesta.

Paso 2.1. Encuesta a empresarios. Para el diseño de ésta se trabajó con dos tipos de variables:

**Variables de identificación:** con el propósito de caracterizar la muestra de empresarios(as) participantes en el estudio, donde se determinaron las siguientes variables:

- Generales de la empresa (nombre, clasificación, antigüedad en el giro, tipo de propiedad)
- Generales del empresario o empresaria (formación, edad)
- Generales del personal (formación, requerimiento de formación)

**Variables de investigación:** conformadas por las cinco variables identificadas en el Momento 1. Así, se elaboró una encuesta conformada por 48 ítems, de los cuales 4 son de Filosofía empresarial, 13 de Gestión gerencial, 9 de Gestión de capital humano, 10 de Gestión mercadológica y 12 de Gestión financiera.

## Momento 3. Aplicación, procesamiento y análisis de los resultados de encuesta.

Paso 3.1. Determinación de la muestra. Ante la imposibilidad de tener una información de alto nivel de confiabilidad, se aplica muestreo no probabilístico, del tipo muestreo mixto compuesto por:

**Muestra homogénea:** donde todos los sujetos comparten características similares, ya que todos son dueños de pymes de la cabecera municipal de La Huerta.

**Muestra por accidente:** para la realización del estudio participan los individuos de la población que accidentalmente se encuentran a disposición. Por tanto, el tamaño de la muestra está abierto a la cantidad de empresarios o empresarias que puedan contactarse para contestar el cuestionario y estén dispuestos(as) a participar en este estudio.

**Muestra invitada:** consiste en invitar a las y los participantes determinados por el muestreo anterior en el estudio, quienes pueden aceptar o no participar en el mismo.

### Paso 3.2. Procesamiento de la encuesta a empresarios(as)

La encuesta se procesa por la moda, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 23.0.

Para la determinación del resultado de la variable se determina la media entre los resultados obtenidos en las respuestas.

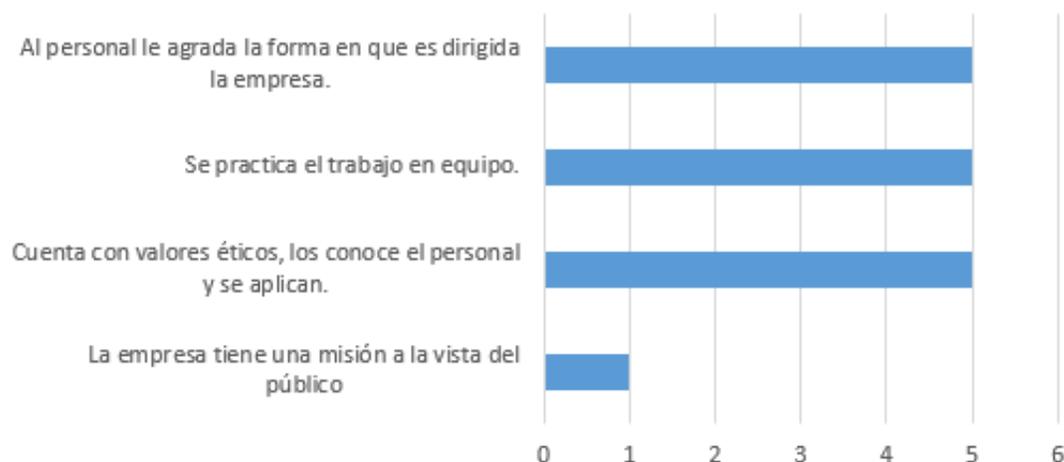
### Momento 4. Plan de acción.

Paso 4.1. Elaboración del plan de acción. Sobre la base de los resultados obtenidos, se propone un plan de acción, el cual contiene las medidas propuestas, sus responsables y participantes, así como el resultado esperado de la aplicación.

### Resultados y análisis de datos

Aceptaron participar en el estudio 45 empresarios(as) de pymes con preponderancia de la forma de propiedad de constitución física, con una experiencia promedio de 13 años, con predominio del giro comercial y de servicios, el 66.7 % propietarios únicos y el 33.3 % propiedad familiar, donde la mayor proporción de las y los dueños (31 %) tienen estudios universitarios. Es muy pobre la capacitación brindada por los dueños(as) a sus colaboradores, así como la formación de estos, donde predomina la formación básica.

En la Figura 2 se refleja el resultado obtenido de la variable 1: Filosofía empresarial.



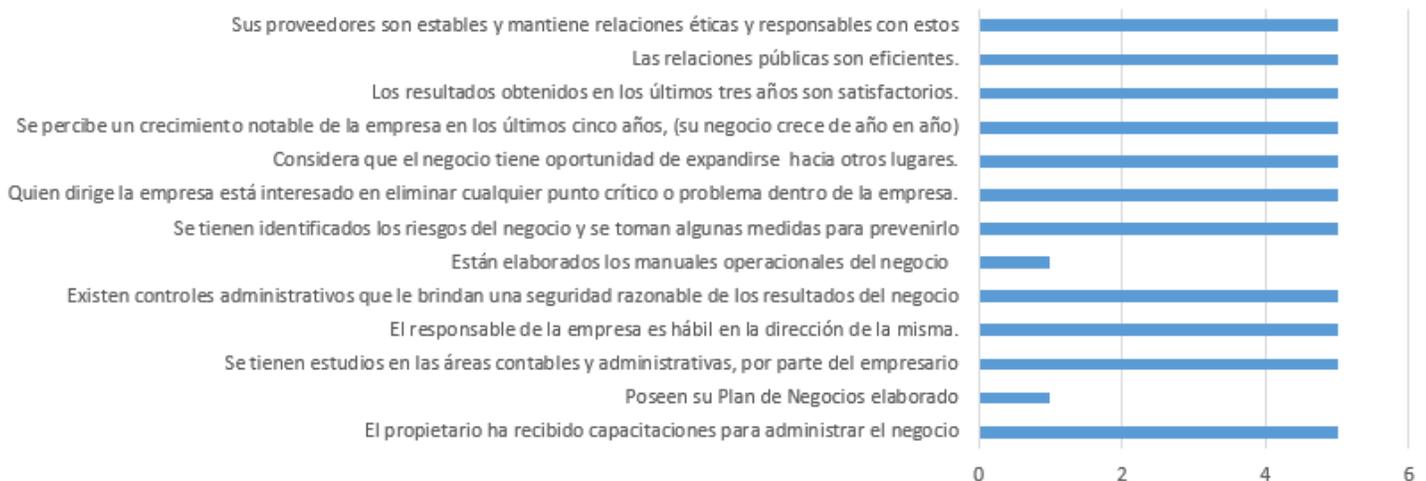
**Figura 2.** Resultados en la variable Filosofía empresarial (elaboración propia)



En esta variable el resultado es bueno (4), aunque en tres indicadores es excelente, pero se destaca muy negativamente que la empresa no tiene definida una misión y que esta sea de conocimiento público.

La Figura 3 refleja el resultado obtenido en la variable 2: Gestión gerencial. Igual que en la anterior, el resultado es bueno (4.3), con 11 ítems evaluados de excelentes y con resultados muy negativos en la elaboración de los manuales organizacionales y el plan de negocios (prácticamente ninguna de las pymes analizadas lo tiene), esto provoca una gran informalidad en la gestión, con un alto grado de espontaneidad.

Se evidencia un sistema de trabajo con base en el empirismo, ya que no hay una formalización gerencial, debido al desconocimiento en métodos y técnicas para la elaboración y ejecución de los planes de negocios y manuales organizacionales por parte de las o los responsables de la empresa. Otras razones identificadas son la preferencia para destinar el tiempo en otras actividades que consideran de mayor importancia, así como la no detección, por parte de las y los empresarios, de las fallas o errores en los diferentes procesos y sus repercusiones en la operatividad organizacional



**Figura 3.** Resultados en la variables *Gestión comercial* (elaboración propia)

En la Figura 4 se muestran los resultados de la variable 3: Gestión de capital humano.



**Figura 4.** Resultados de la variable *Gestión de capital humano* (elaboración propia)

La Gestión del capital humano se evalúa de excelente (5 puntos), lo que es contradictorio con los resultados de las variables de identificación, donde se destacan la pobre capacitación brindada por las y los dueños a sus colaboradores y colaboradoras, a pesar de predominar la formación básica en su nivel de escolarización.

Los resultados de la variable 4: Gestión mercadológica, se muestra en la Figura 5



**Figura 5.** Resultados de la variable *Gestión mercadológica* (elaboración propia)



Al igual que Capital humano, la variable Gestión mercadológica es evaluada de excelente (5), donde se evidencia una tendencia marcada por parte de estos empresarios y empresarias hacia los aspectos de comercialización.

La variable 5: Gestión financiera, se refleja en la Figura 6.



**Figura 6.** Resultados de la variable *Gestión financiera* (elaboración propia)

Contradictoriamente a lo expresado en variables anteriores; en ésta el resultado es regular, al obtenerse una media de 3.2, donde se precisa que en estas empresas no se detectan las pérdidas o ganancias financieras del negocio; tampoco se conoce ni utilizan los financiamientos bancarios, ni las ayudas gubernamentales.

El análisis de los factores que inciden en estos resultados se relaciona con que las y los empresarios dirigen y gestionan el negocio de manera empírica; así mismo detectó que la mayoría de las pymes no realizan registros de los movimientos contables, lo que conlleva a que no administren con criterios financieros. En este punto, se destaca el interés del empresariado en que la o el contador de cabecera atienda solamente la cuestión fiscal ante el Sistema

de Administración Tributaria (SAT); además las empresas no cuentan con un sistema que emita información financiera para la gerencia interna de la organización.

En lo que respecta al uso de financiamientos, existe desconocimiento por parte del empresariado sobre las diferentes maneras del entorno externo para financiar a la organización; tanto por parte del sector gubernamental como de la banca comercial. Lo anterior se ve agravado por el hecho de no contar con los documentos financieros, y por tanto no cumplir con los requisitos, para que se les considere sujetos de financiamiento. Otra situación detectada es que el empresario o empresaria no quiere poner en riesgo el capital o el patrimonio familiar como garantía para el otorgamiento de un crédito.

Como puede apreciarse, a criterio de las y los empresarios, esta es la variable determinante en los resultados de estas empresas, y es donde deben realizarse los mayores esfuerzos de capacitación y ayuda en aras de que administren sus negocios con un criterio financiero.

Ante estos resultados, la y los autores consideraron pertinente presentar el Plan de acción que se muestra en la Tabla 2 al H. Ayuntamiento de La Huerta, Jalisco.

**Tabla 2.** Propuesta de plan de acción (elaboración propia).

Medida propuesta	Responsables	Participantes	Resultado esperado
Gestionar, en coordinación con el H. Ayuntamiento de La Huerta, talleres para la realización y difusión de los objetivos generales.	Docentes del Instituto Tecnológico Superior José Mario Molina Pasquel y Henríquez (ITSJMMPH) y H. Ayuntamiento de La Huerta	Docentes del ITSJMMPH, H. Ayuntamiento de La Huerta y empresarios(as) de la cabecera municipal.	Taller(es) realizado(s), registro de asistencias y evidencia válida.
Generar proyectos de residencias profesionales para el desarrollo de planes de negocios y manuales organizacionales.	Jefes de división de las carreras, docentes del ITSJMMPH y empresarios(as).	Jefes de división de las carreras, docentes, residentes (ITSJMMPH) y empresarios(as).	Informe técnico de residencias profesionales
Promover, en las y los empresarios, las fuentes legales de financiamiento (cualquiera que sea su origen) disponibles en el entorno local.	Titulares de las direcciones de Promoción Económica y Comunicación Social del H. Ayuntamiento de La Huerta y el CIIE del ITSJMMPH- Unidad Académica La Huerta.	Direcciones de Promoción Económica y Comunicación Social del H. Ayuntamiento de La Huerta, CIIE del ITSJMMPH – UA La Huerta y empresarios(as).	Registro de asesorías y evidencia válida.
Gestionar talleres de sensibilización y concientización de los beneficios de la información financiera.	Titulares de las direcciones de Promoción Económica y Comunicación Social del H. Ayuntamiento de La Huerta y el CIIE del ITSJMMPyH- UA La Huerta	Titulares de Dirección de Promoción Económica, Comunicación Social del Ayuntamiento de La Huerta y el CIIE del ITSJMMPyH- UA La Huerta	Taller(es) realizado(s), registro de asistencias y evidencia válida.



## Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación corroboran los estudios de Velázquez, *et al.*<sup>5</sup> realizados en las pymes de las regiones Costa Sur y Sierra de Amula en el Estado de Jalisco, en relación a la poca cultura gerencial de estas empresas, la falta de controles administrativos, financieros y contables, la desmedida preocupación y ocupación de estos empresarios y empresarias por los aspectos fiscales en detrimento de la administración interna, y las dificultades para acceder a los financiamientos externos; aspectos que les complican el crecimiento y son causa de un alto nivel de fracaso empresarial.

En este mismo sentido, se coincide con el planteamiento de López y coautoras<sup>4</sup> en cuanto a que las pymes en México “aparte de enfrentarse a problemas relativos a recursos financieros limitados, tienen problemas no financieros que afectan su desempeño y crecimiento al carecer o no tener bien definidos aspectos como filosofía gerencial (misión y visión, valores), organización, planeación, sistemas de contabilidad, sistemas de información y comunicación, control interno”. Estas autoras también destacan en su estudio la falta de conocimientos contables y gerenciales, que caracteriza a este tipo de empresario(a), como un elemento que les limita su visión de negocios.

El resultado de esta investigación reafirma la vulnerabilidad de las pymes mexicanas, que les limita crecer, y la necesidad de estudios y tomas de decisiones desde la perspectiva local que ayuden a la determinación de los factores que le imposibilitan crecer y tomar medidas al respecto tanto internamente como de apoyo desde los ayuntamientos.

## Conclusiones

Como resultado de la indagación realizada se destaca que son las insuficiencias financieras y gerenciales las que mayor peso tienen en los problemas de gestión de estas empresas, ya que no están entrenadas en estas técnicas, ni reconocen la importancia de los manuales organizacionales y el plan de negocios y las consecuencias negativas que para el negocio tiene su ausencia.

Se destaca la falta de una perspectiva financiera de gestión, ya que se desconocen las opciones y requerimientos que a nivel gubernamental deben utilizar para acceder a financiamientos.

Una limitante de este estudio es el sesgo en la investigación, dado el grado de subjetividad que puede existir (por el nivel de preparación y honestidad que hayan tenido las y los participantes al contestar la encuesta), por lo que se considera pertinente, en investigaciones futuras, dar continuidad con otras fuentes de información, tales como especialistas de despachos de contaduría cajas populares, entre otros.

El Plan de acción elaborado debe presentarse a las autoridades municipales, una de las instancias locales será el H. Ayuntamiento Constitucional de La Huerta a través de la Dirección de Promoción Económica, y la otra, el Instituto Tecnológico Superior José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica La Huerta a través del Centro de Incubación e Innovación Empresarial (CIIE) en aras de contribuir a su instrumentación.

## Referencias

1. SENADO DE LA REPÚBLICA. Micro, pequeñas y medianas empresas en México. Evolución, funcionamiento y problemática. [En línea]. México: Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, 2002. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2023]. Disponible desde <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/1718>
2. ORTIZ, María Luz; Joya, R. ; Gámez, L. C. y Tarango, J. La teoría del triángulo del fraude en el sector empresarial mexicano. *Retos de la dirección*. [En línea]. Vol. 12 (2), julio-diciembre 2018. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2023]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2306-91552018000200013&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552018000200013&lng=es&tlng=es) ISSN 2306-9155.
3. ORTIZ, María Luz; Gámez, L. C. y Nelito, J. Reflexión sobre la administración del capital de trabajo en MiPymes desde una perspectiva social. *Teuken Bidikay. Revista Latinoamericana de Investigación en Organizaciones, Ambiente y Sociedad*. [En línea]. Vol. 10(15). Julio de 2019. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doaj.org/article/7d8a588d44da489bb039d1d9bc760fa3> ISSN 2619-1822
4. LÓPEZ, María Rosa; Gómez, A. y Sánchez, M. D. Gestión de las Pymes en México. Ante los nuevos escenarios de negocios y la teoría de la agencia. *Estudios de Administración*. [En línea]. Vol. 27(1). 28 de mayo de 2020. [Fecha de consulta: 4 de julio de 2023]. Disponible en: <https://estudiosdeadministracion.uchile.cl/index.php/EDA/article/view/56967/61303> ISSN 0717-0616.
5. VELÁZQUEZ, Jorge Javier; Campos, S. E. Pelayo, M. M. y Núñez, J. A. El control interno contable en las Mipymes de las Regiones Costa Sur y Sierra de Amula en el Estado de Jalisco, México: Estudio comparativo. *Revista Visión Contable*. [En línea]. Núm. 24. Diciembre de 2021. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doaj.org/article/0afb1ea06db8416889fbc3da2191a9> ISSN 2539-0104
6. LINARES, Irasema; Márquez, J. y Boltho, E. Caracterización de la Cultura Organizacional en las Pymes para Impulsar el Emprendimiento de alto Impacto en el Valle del Mezquital. *Management Review*. [En línea]. Vol. 1 (3). 16 de diciembre de 2016. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2023]. Disponible en <https://editorial.upgto.edu.mx/index.php/umr/article/view/37/63> ISSN 2007-977X

**Fecha de recepción****Fecha de aceptación****Fecha de publicación**

La Revista Reacción actúa como mero difusor, por lo que el contenido y opiniones del artículo son responsabilidad exclusiva de los autores y autoras, y no representan la opinión oficial de la Revista Reacción, ni de la Universidad Tecnológica de León.

La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos solo para difusión sin ningún fin de lucro. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.

# REA>XION

Ciencia y tecnología universitaria

latindex

Google Académico

 **Actuality Iberoamericana**  
Indice Internacional de Revistas

  
**PERIÓDICA**  
Indice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

  
**UTL**