

Recibido 13 Septiembre 2019. Aceptado 29 Noviembre 2019. Publicado 20 Diciembre 2019.

ISSN 2448-7775

Adopción de las Tecnologías de la Información, la Comunicación y el Consumo de Energía Eléctrica en México

JESÚS MARTÍNEZ PATIÑO*, IVÁN ABEL HERNÁNDEZ ROBLES, GEOVANNI HERNÁNDEZ GÓMEZ, JOSÉ MERCED LOZANO GARCÍA

Departamento de Ingeniería Eléctrica. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato.
jesusmp23@ugto.mx (* Autor de correspondencia)
ia.hernandez@ugto.mx
geov.hernandez@ugto.mx
jm.lozano@ugto.mx

RESUMEN Las tecnologías de la información es una base importante para la sociedad actual, dando lugar a la conjunción de los equipos informáticos y las redes que se conectan entre sí. Los datos recientes muestran un incremento importante en la introducción de equipos de cómputo en los hogares mexicanos, aumentando el uso de éstos según diversos rangos de edades. Aunado a ello, de manera paralela el uso de cualquier equipo que consume energía eléctrica refleja su impacto en la facturación de la casa-habitación. De ahí, la importancia del análisis del impacto que se tiene de manera directa con el uso de tecnologías de la información en el hogar, para determinar costos en la utilización de estos equipos y dispositivos.

PALABRAS CLAVE— Costos, Casa-habitación, Computadora, Tarifa.

I. INTRODUCCIÓN

Los datos estadísticos que se tienen recientemente indican un incremento considerable en los últimos años de la adopción de las tecnologías de la información en México, sobre todo en los hogares. En el año de 2018, se presentó el documento de adopción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) y el uso de internet en México, en donde se expone el impacto de las características sociodemográficas de los usuarios [1]. Dentro de estas características se revisa, por ejemplo: sexo, edad, nivel de ingreso, entidad federativa de residencia, nivel educativo, entre otros, además, sobre determinados usos del Internet. En la encuesta citada anteriormente las TIC que se analizan son: Computadora, Internet, Teléfono Móvil e Internet mediante un teléfono inteligente conocido comúnmente como “Smartphone”. De este estudio se desprende que en función de las características sociodemográficas se tiene una influencia con el uso de internet, computadora o teléfono móvil, también se busca identificar el impacto de estas características (sociodemográficas) de la población que utiliza estas

herramientas, así como el perfil de los usuarios en los hogares. Es decir; qué personas utilizan las TIC, cómo las utilizan y qué impacto tienen en su entorno.

Como se sabe, en México se tiene una gran variedad de regiones y características de ciudades y comunidades rurales. Entonces, es muy relevante conocer ciertos perfiles de los usuarios de las TIC en función de si viven en una ciudad o fuera de ella (comunidad rural), debido a que esto puede incidir de manera importante en su probabilidad de adoptar o no el uso de las TIC. Ante ello, es importante conocer datos estadísticos que permitirán poner en el contexto dos elementos importantes: usuarios y las TIC. Los datos que se reportan en el año 2016 indican que en México existía una población de 122.2 millones de habitantes que representaron en ese entonces 33.3 millones de hogares. Aunado al dato anterior, sobresale que alrededor del 50% del total de la población es menor a 30 años. Otro dato resaltante para considerar es que ese mismo año, el 59% de la población tenía educación básica como último grado de estudios, posteriormente el 16% educación media superior y el 12 % educación superior. Es decir, existen múltiples variables

que inciden en adopción de las TIC, entre las que se encuentran: sexo, edad, nivel de ingreso, nivel educativo, ocupación, entidad federativa de residencia y la ciudad-comunidad de residencia.

Por otro lado, se tiene documentado que las TIC tienen un gran impacto en la economía muy semejante al del sector energético, debido a que tiene una gran influencia en la eficiencia de la producción y el costo final de muchos productos y servicios. La literatura en este contexto cita que la aplicación exitosa de las TIC facilita la reorganización de las empresas y crea nuevos modelos de negocios, mejora la planeación de recursos, facilita el diseño y las operaciones de producción, mercadeo y ventas, además de que cambia estilos de vida [2].

Esta influencia y la de las TIC tienen su repercusión en otros sectores económicos, concretamente sobre el sector energético. Para referenciar algunos datos se cita que en general, se estima que los dispositivos digitales (computadoras y teléfonos inteligentes) y las infraestructuras de apoyo (redes de comunicación y centros de datos) consumieron aproximadamente el 5% del uso global de electricidad en 2012; llegando a más del 9% si se incluyen televisores, equipos audiovisuales e infraestructuras de transmisión [3].

Aunado a esto, no solamente es el tema de las TIC y el consumo de energía, sino que para ambos temas es requerido un soporte de infraestructura complejo y que sea confiable. Es decir, van profundamente relacionados, aunque las TIC dependen del abastecimiento de la energía [4-11].

Por lo antes citado, se percibe altamente probable que el consumo de energía crezca de manera paralela a las TIC debido a diferentes factores tales como:

- Los usuarios adquieren equipos de cómputo sobredimensionados a sus necesidades.
- El creciente acceso a redes de internet que ayuda a transmitir más información.
- Aumento de conectividad entre usuarios que motiva a que las computadoras estén en línea las 24 horas del día.

Ante ello, el presente trabajo busca identificar los cálculos en el consumo de energía y el costo que se tiene al utilizar las TIC en los hogares mexicanos. Dichos cálculos se fundamentan en datos estadísticos y en los costos actuales de energía. Teniendo ambos datos (consumo de energía y costos) se analiza el impacto económico que puede llegar a representar en los hogares mexicanos.

II. INSERCIÓN Y USO DE COMPUTADORAS EN LOS HOGARES

Los datos estadísticos con los que se cuenta en este momento indican que los usuarios de las TIC tienen una probabilidad promedio de 45.8% de utilizar una computadora; obviamente, la variación radica (aumenta o se reduce) en función de múltiples variables que se han citado anteriormente: sexo, edad, nivel de ingreso, nivel educativo, ocupación, entidad federativa de residencia y la ciudad-comunidad de residencia. En el caso de los hombres se tiene una probabilidad de 47.9%, mientras que las mujeres un 43.9%. Por otro lado, pasando al ámbito de nivel de ingresos, los usuarios de TIC donde se tiene un ingreso alto se tiene una probabilidad de tener una computadora del 73.8 %, siendo el porcentaje más alto; mientras los que tienen un ingreso bajo solamente alcanzan un 30.4%. La adopción del uso de computadora por ocupación se vuelve más compleja debido a las múltiples opciones que se tienen, por lo que el estudio del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) lo resume en cuatro ocupaciones con su respectivo porcentaje: no trabaja (28.5%), en el hogar (21.6%), estudiantes (85.6%) y trabaja (47%) (Cada apartado tiene un 100% de rango). Otra referencia importante son los grupos de edad de los usuarios de las TIC y que tienen acceso a una computadora, el grupo con mayor porcentaje es el que tiene la edad de 6 a 17 años con un 76.6%, mientras que el grupo de 65 y más tiene el porcentaje más bajo de 9.6%. Una variable muy sensible es el nivel educativo, pues los resultados indican que mientras mayor sea este nivel, de igual forma será la probabilidad de utilizar una computadora, Los que tienen nivel básico tienen un 29.9% mientras que los que tienen estudios de nivel superior un 90.5%.

Con los datos citados anteriormente se pueden generar múltiples combinaciones, lo cual da lugar a diferentes porcentajes de utilización. Sin embargo, lo importante radica en considerar que conforme las nuevas generaciones y grupos de edades vayan pasando al siguiente bloque, el porcentaje del uso de la computadora en los próximos años irá creciendo en México.

III. TIPOS Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DE CÓMPUTO

Existe una gran variedad de equipos de cómputo que van en relación con su función operativa o su portabilidad. Por ejemplo, existen las computadoras de escritorio conformadas por dos equipos: el CPU (Central Processing Unit) y la pantalla, mientras que otros integran ambos equipos en uno solo; es decir, la pantalla ya integra al CPU. Existen también las computadoras portátiles que permiten llevar el equipo de un

lugar a otro con una autonomía parcial de tiempo en su operación en función de la batería, aquí también se aplica el caso de una integración de la pantalla y el CPU. Obviamente, también existen equipos de cómputo de altas prestaciones, pero en este estudio no se revisan debido a que dichos equipos no se ubican en los hogares.

Determinar el consumo de energía eléctrica de las computadoras hoy en día puede resultar complicado; debido a que existe una relación directa entre el consumo de energía y el uso de la aplicación o tarea que se desarrolle en el equipo de cómputo. La operación que esté realizando el equipo y el software (sistema operativo y programas usados), constituyen los factores más importantes para determinar el uso real de la energía en los lapsos de tiempo de uso. En este marco, las cargas de trabajo que se pueden identificar y categorizar van en función del uso activo y no activo del equipo: Hibernación, Suspensión, Inactividad, Productividad y Rendimiento Máximo.

Para facilitar los cálculos en el presente trabajo, se va a considerar para el equipo de cómputo el nivel típico de consumo de energía para equipo de oficina según la Guía F de la “Chartered Institute of Building Service Engineers” (CIBSE) por su nombre en inglés, conocida comúnmente como Guía F CIBSE [12]. El dato que proporciona para el equipo de cómputo tipo escritorio es una potencia media de 120 W y 175 W.

IV. CARACTERÍSTICAS DE LA TARIFA EN CASA-HABITACIÓN

Las tarifas llamadas domésticas son normalmente las que se cobran por parte del suministrador de energía eléctrica en los hogares en México, el cual es un servicio otorgado en un 99.6% por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) según datos de la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares 2018 (ENCEVI) [13]. Hay una diversidad de tarifas domésticas, que se identifican con el número 1, y se diferencian con letras ordenadas alfabéticamente: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F; además de la Tarifa conocida como de Alto Consumo (también conocida como DAC) [14]. Lo que indica la CFE es que la Tarifa 1 se aplica para todos los servicios que se destinen exclusivamente para uso doméstico y que dependiendo de su consumo podrán ser consideradas de Alto Consumo. Uno de los particulares de esta tarifa es que se debe tener un consumo mínimo mensual de 25kWh en la casa-habitación; además que, sus cuotas-precios por mes se dividen en tres diferentes bloques de consumo: básico, intermedio y excedente, tal y como se describe en la Tabla I. De esta manera se va construyendo el costo total de facturación por este tipo de tarifa. Además, si la sumatoria de los seis periodos (bimestres)

anteriores al cobro de la factura dan como resultado mayor a 3000 kWh, automáticamente el servicio se cobra-factura como una Tarifa DAC.

V. RESULTADOS

Para dar resultados más certeros con respecto al consumo de electricidad en los hogares y el impacto que se tiene por la introducción-adopción de las TIC, se analiza un caso de estudio con datos que abonen a conocer más a fondo y con mayor exactitud el planteamiento que se estudia en este artículo.

A. DATOS DEL CASO DE ESTUDIO

En esta sección se presentan los datos y las características consideradas en el caso de estudio abordado; estos datos marcan de forma importante las condiciones básicas de los cálculos. Primeramente, es necesario identificar el lugar o región de la casa-habitación “tipo” con el fin de establecer su consumo de energía eléctrica; ante ello, el caso de estudio se desarrolla para el Estado de Guanajuato donde en función de los múltiples variables se puede determinar el consumo promedio de electricidad: variable relacionada al clima y temperatura, las características de la vivienda, de los aparatos electrodomésticos en el hogar, situación socioeconómica, la región geográfica según la clasificación del CFE (en relación al costo de la tarifa), conductas y hábitos en el consumo de los usuarios, entre otros. Ante ello, para los cálculos posteriores se tiene considerado el dato de 211 kWh como el consumo promedio bimestral de una casa-habitación según datos reportados en la literatura recientemente [15].

Para poder calcular los montos de la facturación de la casa-habitación “tipo” es necesario los precios por kWh que la CFE publica de manera mensual aplicable a la tarifa correspondiente (en este caso Tarifa 1), los cuales se presentan en la Tabla II.

TABLA I. TIPOS Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS COSTOS EN TARIFA 1 [14].

Tipo de consumo	Características
Básico	Costo por cada uno de los primeros 75kWh.
Intermedio	Costo por cada uno de los siguientes 65kWh.
Excedente	Costo por cada kWh adicional a los anteriores.

TABLA II. PRECIOS DE LA TARIFA 1 CORRESPONDIENTE AL MES DE JULIO DE 2019 [14].

Tipo de consumo (kWh)	Precio (\$, Pesos Mexicanos)
Básico	0.814
Intermedio	0.984
Excedente	2.879

Retomando los párrafos anteriores donde se menciona que la potencia promedio de los equipos de cómputo tipo escritorio es de: 120 W y 175 W. Es decir, se tienen dos variantes para analizar el consumo promedio para cada cifra antes citada. Se proponen tres diversos tiempos de uso promedio por parte de los usuarios: 1.5, 4 y 9 horas. Además de tres cantidades diferentes de equipos que se pueden tener y hacer uso en la casa-habitación: 1, 2 y 3 equipos. De estos datos se pueden construir múltiples combinaciones con diversas situaciones, las cuales se analizan en el apartado siguiente.

B. RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO

Es necesario establecer el costo del consumo promedio de la vivienda para determinar el impacto del uso de las TIC bajo las condiciones y parámetros enunciados anteriormente. La Tabla III muestra el cálculo del costo de facturación de una vivienda promedio en México con Tarifa 1 utilizando los costos del mes de julio, los datos son de un periodo bimestral, dando un subtotal de \$ 182.12 pesos mexicanos. El subtotal de la facturación se debe a que, a esta cantidad se le deben de sumar los impuestos locales de alumbrado público (DAP) y del Valor Agregado (IVA) entre otros conceptos. Como se ha citado con anterioridad, se tienen referencias que las computadoras personales (PC, por sus siglas en inglés) en promedio tienen una potencia de 120 W y 175 W; por ello, los dos siguientes casos analizan cada uno de estos promedios para conocer el impacto del uso de las PC's en las viviendas en el Estado de Guanajuato.

TABLA III. CALCULO DE FACTURACIÓN BIMESTRAL.

Tipo de consumo	Precio (\$, Pesos Mexicanos)	Energía (kWh)	Costo (\$, Pesos Mexicanos)
Básico	0.814	150	122.10
Intermedio	0.984	61	60.02
Excedente	2.879	0	0
Sub-Total			182.12

1. Caso: consumo promedio de 120 W

Para los cálculos, es usado el valor del promedio de 120 W para una PC, los cuales se muestran en la Tabla IV. Los resultados se dividen en tres tipos de consumo: bajo, medio y alto según la cantidad de equipos (PC) que se usan en la casa-habitación: 1, 2 o 3 equipos. Posteriormente se multiplican por las tres situaciones de tiempo de uso que se proponen: 1.5, 4 y 9 horas. Estos son los casos diferenciadores del caso 1.

La facturación de la CFE se realiza para 60 días (bimestre); por lo que, la cantidad de kWh es el consumo energético de la PC en este periodo. Para conocer el impacto económico es necesario calcular el monto de los diferentes precios de los kWh según los bloques de las cantidades que se aplican; lo que ya se ha explicado en el apartado de las características de la Tarifa 1; por lo que, los kWh se aplican a los precios Intermedio y Excedente posteriores a los 21 kWh de consumo promedio-ordinario de la vivienda. En este caso, se puede tener un rango de impacto del 5.84 % como mínimo y hasta un 236.46 % como máximo del monto de la facturación ordinaria.

TABLA IV. RESULTADOS DEL CASO 1.

Consumo	Cantidad de Equipos	Horas de uso	Consumo PC (W)	Bimestre (días)	(kWh)	Básico (kWh) (\$0.814)	Intermedio (kWh) (\$0.984)	Excedente (kWh) (\$2.879)	Costo Por kWh Intermedio	Costo Por kWh Excedente	Costos del consumo TIC	Costos del Consumo de la Vivienda	Total del costo	Porcentaje del Costo del Uso de PC
Bajo	1	1.5	120	60	11	0	11	0	10.63	0.00	10.63	182.12	192.75	5.84%
Bajo	2	1.5	120	60	22	0	22	0	21.65	0.00	21.65	182.12	203.77	11.89%
Bajo	3	1.5	120	60	33	0	33	0	32.47	0.00	32.47	182.12	214.59	17.83%
Medio	1	4	120	60	29	0	29	0	28.54	0.00	28.54	182.12	210.66	15.67%
Medio	2	4	120	60	58	0	58	0	57.07	0.00	57.07	182.12	239.19	31.34%
Medio	3	4	120	60	87	0	69	18	67.90	51.82	119.72	182.12	301.84	65.74%
Alto	1	9	120	60	65	0	65	0	63.96	0.00	63.96	182.12	246.08	35.12%
Alto	2	9	120	60	130	0	69	61	67.90	175.62	243.52	182.12	425.64	133.71%
Alto	3	9	120	60	195	0	69	126	67.90	362.75	430.65	182.12	612.77	236.46%

TABLA V. RESULTADOS DEL CASO 2.

Consumo	Cantidad de Equipos	Horas de uso	Consumo PC (W)	Bimestre (días)	(kWh)	Básico (kWh) (\$0.814)	Intermedio (kWh) (\$0.984)	Excedente (kWh) (\$2.879)	Costo Por kWh Intermedio	Costo Por kWh Excedente	Costos del consumo TIC	Costos del Consumo de la Vivienda	Total del costo	Porcentaje del Costo del Uso de PC
Bajo	1	1.5	175	60	16	0	16	0	15.74	0.00	15.74	182.12	197.86	8.64%
Bajo	2	1.5	175	60	32	0	32	0	31.49	0.00	31.49	182.12	213.61	17.29%
Bajo	3	1.5	175	60	48	0	48	0	47.23	0.00	47.23	182.12	229.35	25.93%
Medio	1	4	175	60	42	0	42	0	41.33	0.00	41.33	182.12	223.45	22.69%
Medio	2	4	175	60	84	0	69	15	67.90	43.19	111.08	182.12	293.20	60.99%
Medio	3	4	175	60	126	0	69	57	67.90	164.10	232.00	182.12	414.12	127.39%
Alto	1	9	175	60	95	0	69	26	67.90	74.85	142.75	182.12	324.87	78.38%
Alto	2	9	175	60	189	0	69	120	67.90	345.48	413.38	182.12	595.50	226.98%
Alto	3	9	175	60	284	0	69	215	67.90	618.99	686.88	182.12	869.00	377.16%

2. Caso: consumo promedio de 175 W

Para este caso, ahora se aplica un consumo promedio de 175 W, usando los mismos datos de la situación anterior planteada. La Tabla V muestra a detalle cada uno de los datos y resultados para el caso que se aplica, resultando un 8.64 % como mínimo y un máximo de 377.16 % del impacto en el costo del uso de las PC's en una vivienda.

VI. CONCLUSIONES

Los datos ponen de manifiesto el creciente uso de las TIC en las casas-habitación en México yendo de la mano con el aumento del consumo de electricidad que se da en el momento de hacer uso del equipo o dispositivo.

Los resultados obtenidos dan muestra de la gran diversidad de factores para cada uno de los elementos que pueden incidir en el cálculo del costo del uso de las TIC en una casa-habitación, tales como el sexo, edad, nivel de ingreso, nivel educativo, ocupación, entidad federativa de residencia y la ciudad-comunidad de residencia; posteriormente pasando por el promedio de consumo energético que puede tener una PC y finalmente por la frecuencia del uso de este equipo.

Los resultados arrojados muestran cómo mínimo impacto del 5.84% y el extremo del consumo alto recae en un 377% de la incidencia en el costo de la facturación de una vivienda. Obviamente los extremos de mínimo y máximo incurrir en circunstancias muy particulares; por lo que, los valores de consumo medio según los datos estadísticos de la literatura en el tema serán los que más se estarán dando en las viviendas en México; por lo tanto, para los casos 1 y 2 se tienen el 31.34% y 60.99% respectivamente.

Los resultados arrojados en este trabajo revelan el impacto de las TIC en el consumo energético de los hogares mexicanos, lo cual se ve reflejado en la facturación del servicio de suministro de electricidad.

REFERENCIAS

- [1] IFT (2018). Adopción de las TIC y usos de Internet en México.
- [2] Binswanger, M. (2000). Technological Progress and Sustainable Development: What About the Rebound Effect? presentado en la ese Conference 2000 en Viena.
- [3] W. Van Heddeghem, S. Lambert, B. Lannoo, et al., Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012, *Comput. Commun.* 50 (2014) [64–76].
- [4] Morley, J., Widdicks, K., & Hazas, M. (2018). Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption. *Energy Research & Social Science*, 38, 128-137.
- [5] Viracachá, R. O. (2018). El Lado Oscuro Del Computador. *Letras Con* Ciencia Tecno* Lógica*, 102-119.
- [6] Fernández, F. T., Mariño, M. V., & de Madariaga, J. M. G. (2017). La cara oculta de la sociedad de la información: el impacto medioambiental de la

- producción, el consumo y los residuos tecnológicos. *Chasqui: Revista Latinoamericana de Comunicación*, (136), 45-61.
- [7] IEA, Digitalization & Energy, (2017) Available from: <http://www.iea.org/digital/>.
 - [8] Corcoran, P., & Andrae, A. (2013). Emerging trends in electricity consumption for consumer ICT. National University of Ireland, Galway, Connacht, Ireland, Tech. Rep.
 - [9] Gelenbe, E., & Caseau, Y. (2015). The impact of information technology on energy consumption and carbon emissions. *Ubiquity*, 2015(June), 1.
 - [10] Salahuddin, M., & Alam, K. (2016). Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 76, 185-193.
 - [11] Huowen, J., & Xinai, X. (2016, October). Study on evaluation method of energy consumption in computer system. In 2016 IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC) (pp. 936-939). IEEE.
 - [12] Menezes, A. C., Cripps, A., Buswell, R. A., & Bouchlaghem, D. (2013). Benchmarking small power energy consumption in office buildings in the United Kingdom: A review of data published in CIBSE Guide F. *Building Services Engineering Research and Technology*, 34(1), 73-86
 - [13] INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía](2018). Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares. México: INEGI.
 - [14] www.cfe.mx/tarifas/Pages/Tarifas.aspx
 - [15] Gutiérrez Mendieta, A. (2016). Determinantes de consumo eficiente de energía eléctrica en el sector residencial en México: un enfoque de regresión cuantílica.

BIOGRAFÍAS

JESUS MARTINEZ PATIÑO Doctorado en Energías Renovables y Eficiencia Energética (2008). Egresado del Master en Ecoeficiencia, Ahorro Energético y Ecología Industrial (2003-2004) en la Universidad de Zaragoza (España). Egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Guanajuato (F.I.M.E.E.) (1997-2002). Líneas de generación y aplicación del conocimiento en Eficiencia Energética y Energías Renovables.

IVÁN ABEL HERNÁNDEZ ROBLES Doctor en Ciencias en Sistemas Eléctricos por el CINVESTAV Unidad Gdl., México, 2013. Se desempeñó como Senior Diseñador de Transformadores de Distribución en la empresa Cooper Power by EATON, su adscripción actual en el departamento de Ingeniería Eléctrica de la División de Ingenierías de la Universidad de Guanajuato. Su línea de investigación se enfoca en electromagnetismo, diseño de máquinas eléctricas para renovables, generación inalámbrica y generación distribuida.

GEOVANNI HERNÁNDEZ GÓMEZ Es egresado del Centro de Investigaciones en Óptica A. C. donde obtuvo el título de Doctor en Ciencias (Óptica). Trabajó en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco en el laboratorio de sistemas complejos como profesor curricular. Su adscripción actual es en el departamento de Estudios Multidisciplinarios de la Universidad de Guanajuato donde su línea de investigación se basa en el estudio de aberraciones en el sistema óptico humano, instrumentación de sistemas oftálmicos y generación de sistemas operativos.

JOSE MERCED LOZANO GARCÍA Es egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Guanajuato donde obtuvo el título de Ingeniero Electricista. Maestría y Doctorado en el CINVESTAV en Ingeniería Eléctrica. Actualmente es profesor-investigador del Departamento de Ingeniería Eléctrica en la División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato.