

Diseño e implementación de un sistema embebido localizador de personas.

Design and implementation of an embedded people locator system.

Brandon Eduardo Trejo Nava (1).
Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.
brtn918@gmail.com.

Edgar Alejandro Fernández Ávila (2). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, edgarfernabila@gmail.com.

Luis Diego Ruiz Barajas (3). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, druiz6404@gmail.com.

Josué Emmanuel Reséndiz Torres Orozco (4). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, jerto.adsd@gmail.com.

Derlis Hernández Lara* (5). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, derlis392@hotmail.com.

*corresponding author.

Artículo recibido en enero 12, 2021; aceptado en febrero 26, 2021.

Resumen.

*La ubicación aproximada y algunos datos de las personas es un aspecto demasiado relevante durante los desastres naturales, por lo que es necesaria la tecnología para ayudar a los rescatistas a obtener dicha información de las personas que se encuentran incrustadas debajo de objetos o escombros, mediante un dispositivo. Con base en lo anterior, se desarrolló un sistema integrado particular para brindar a los rescatistas dos objetivos importantes: Notificación de que cualquier dispositivo (individual) está cerca de un área determinada en el desastre. Proporcionar información sobre la persona a la que pertenece el dispositivo. Este sistema cuenta con un microcontrolador, el cual fue programado para recibir y transmitir señales que a su vez reflejan información sobre el dispositivo que las emite. Para la etapa de diseño conceptual se utilizó la metodología **Quality Function Deployment (QFD)**, en la cual se consideran las necesidades de los rescatistas, es decir, brindar una herramienta que haga más eficiente la búsqueda para la ejecución de su trabajo.*

Palabras clave: Dispositivo, individual, desastre, tecnología.

Abstract.

The approximate location and some data of the people is too relevant during natural disasters, so technology is needed to help rescuers obtain this information from people who are embedded under objects or debris, using a device. Based on the aforementioned, a particular integrated system was developed to provide rescuers with two important objectives: Notification that any (individual) device is close to a certain area in the disaster. Provide information about the person to whom the device belongs. This system has a microcontroller, which was programmed to receive and transmit signals that in turn reflect information about the device that emits them. For the conceptual design stage, the

Quality Function Deployment (QFD) methodology was used, in which the needs of rescuers are considered, that is, to provide a tool that makes the search more efficient for the execution of their work.

Keywords: Device, individual, disaster, technology.

1. Introducción.

En la actualidad, las personas que transitan por las calles, universidades o diferentes lugares pueden desconocer las actividades que se realizan en los diferentes entornos o incluso los eventos naturales que se puedan presentar alrededor de nosotros. Éstos hechos han motivado a desarrollar un sistema que haga llegar un mensaje de alerta o poder dar seguimiento si el individuo ha sufrido alguna catástrofe o percance, o incluso poder dar seguimiento a la gente que se tiene a cargo ya sea en el trabajo o la escuela. Para la realización de este proyecto, se toma como base la información de un estudio realizado en el Instituto de Geofísica de la UNAM sobre los Sismos ocurridos en México durante el Siglo XX, a sabiendas que estos ocasionaron que muchas personas desaparecieran y otras fallecieron dentro de los escombros, el desarrollo de este proyecto podrá apoyar efectivamente a las labores de difusión y localización dentro de una comunidad, y se convertirá en una herramienta relevante que facilitará la incorporación de nuevas tecnologías al quehacer que se vive dentro de diferentes localidades (Comunidad informativa, s.f.).

La información del estudio mencionado anteriormente se muestra en la Figura 1, analizando dicha figura se obtuvieron los siguientes datos relevantes:

- Cada año se registran más de 100 sismos con magnitudes mayores o iguales a 4.5.
- Ocurren 5 sismos de magnitud mayor o igual a 6.5 cada 4 años.
- Se espera un sismo con magnitud mayor o igual a 7.5 cada 10 años.



Figura 1. Magnitudes de sismos entre 2000 y 2013 (Servicio Sismológico Nacional, 2015).

Haciendo un recuento en este mismo informe, se menciona de un terremoto devastador ocurrido el 19 de septiembre de 1985, este sacudimiento dejó daños estructurales a 2 mil 831 edificios y dejó en condiciones inhabitables a 1 mil 581 inmuebles, equivalentes al 56 por ciento del total, según el informe oficial del 2 de octubre de 1985, emitido por la entonces Comisión Metropolitana del Distrito Federal. Dicha comisión precisó que la proporción de edificios total o parcialmente colapsados en el Distrito Federal fue de aproximadamente 2 por cada 1000 inmuebles, de un total de 1 millón 404 mil construcciones y sin algún registro oficial de las personas que fallecieron en aquel evento catastrófico. La proporción de construcciones totalmente colapsadas fue de 8.46 por 1000 y la delegación Cuauhtémoc fue la más afectada porque un 80 por ciento de todos los edificios destruidos se encontraban en este sector, información obtenida del mismo informe (Zócalo, 2017).

Tomando en cuenta lo anterior y que además anunciaron que han aumentado un 30% los sismos en México en los últimos años, se ha optado por desarrollar un sistema embebido que permita realizar la localización y búsqueda de personas que se encuentren atrapadas en medio de un desastre o cualquier situación que exponga su vida. Por lo cual este sistema de localización de personas se desarrollará con una planificación del ciclo de vida, realizando 4 procesos completos, en cada uno de ellos se reúnen los resultados para corregir o matizar aspectos del sistema.

Primero se realiza el *análisis*: esta fase servirá para definir los requisitos del software y hardware; después el *diseño*: fase que sirve para diseñar la arquitectura y se especificará la interfaz de la aplicación, también se cumplirá con los requisitos; posteriormente la *implementación*: en la cual se realiza la codificación del sistema, tanto de la interfaz como de los procesos; por último, las *pruebas*: donde se define el funcionamiento del prototipo.

Para entender mejor, sabemos que un Sistema Embebido es un sistema electrónico diseñado específicamente para realizar una determinada función. Su característica principal es que emplea un procesador digital (CPU) en formato microprocesador, microcontrolador o un procesador digital de señales (DSP) que es lo que le permite aportar «inteligencia» al sistema anfitrión al que manipula. (Hernández, Trejo, Juárez, & G., 2019). Así mismo podemos ver que en Internet de las Cosas (IoT), se le define a los Sistemas Embebidos «como un sistema de dispositivos de computación interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que tienen identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red, sin requerir de interacciones humano a humano o humano a computadora. En general, es un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet (Hernández D. L., Trejo, Juárez, & Mojica, 2019).

2. Metodos.

Dentro del diseño conceptual del prototipo, se utilizó la metodología QFD, con la cual se puede llegar a un diseño eficiente, el cual puede ser mejorado en la etapa de diseño a detalle, esto tal y como lo señalan Hernández *et al.* (2019) cuando mencionan la implementación de la metodología. Esta metodología, tiene diferentes etapas las cuales son: primero, *identificar la necesidad*, en este caso en particular la necesidad es localizar los dispositivos pertenecientes a individuos que se encuentren enclaustrados debajo de escombros. Después, proponer el *objetivo*, que para este trabajo es diseñar e implementar un sistema embebido que ayude a la localización de los dispositivos que proporcionarán información acerca de los individuos. Finalmente, *definir el problema*, el cual surge de que, la principal necesidad que tienen los rescatistas es el conocer información aproximada de la localización de las personas, ya que esto es clave para poder salvar a un mayor número de personas debido a que, en este tipo de situaciones cada minuto es clave, también necesitan conocer datos generales de los individuos que posiblemente pueden estar atrapados dentro de los escombros después de algún suceso de desastres naturales, esto para que sea más fácil la identificación de estos por parte de sus familiares, cuando dichos sujetos ya se encuentren a salvo. Justificación: Con la implementación de este sistema embebido, se busca facilitar los datos y ubicación de los dispositivos, dotando de información a los rescatistas y posibles paramédicos, haciendo la labor de búsqueda y rescate, más rápida y teniendo así mayores posibilidades de rescatar a un mayor número de personas.

Para llevar a cabo el diseño, primero se debe hacer la determinación y clasificación de los requerimientos del cliente: clasificar requerimientos ayuda a identificar los que son deseables y necesarios en el sistema para tomarlos en cuenta durante el proceso de diseño, y de esta manera, tener un mayor agrado y satisfacción con los clientes (Hernández *et al.* 2019). Es importante mencionar que algunos clientes no cuentan con la información necesaria sobre los tipos de señal de WIFI, por lo que a continuación, en la TABLA I, se mostrará información sobre el alcance que tiene y la banda de operación debe mantener el sistema.

Tabla 1. Tipos de Señal WiFi.

Tipos de Wifi	Intensidad	Velocidad	Banda
802.11a	35-118	54 Mbps	5GHz
802.11b	35-140	11 Mbps	2.4GHz
802.11g	38-140	54 Mbps	2.4GHz
802.11n	70-250	600 Mbps	2.4GHz y 2.5GHz
802.11ac	70-250	1300 Mbps	5GHz

Con la Tabla 1, podrá tomarse en cuenta el mayor alcance de una señal de WIFI para poder hacer uso de ella, para esto también se deberá de calcular la velocidad con la que notificará la localización en tiempo real. No obstante, se considera el espacio en el que se encuentre y las posibles interferencias que se tenga (Salazar, Octubre de 2020). Los requerimientos se obtuvieron mediante encuestas a personas de entre 15 y 35 años aproximadamente, a quienes se les preguntó entre otras cuestiones, ¿Qué características debería tener un sistema de localización?, ¿Qué materiales o diseño les agradaría?, de las respuestas obtenidas se dieron a conocer los requerimientos funcionales, físicos y de instalación, de mantenimiento y económicos, como se muestra en la TABLA II.

Tabla 2. Clasificación de requerimientos.

Obligatorios	Deseables
A1.- El sistema deberá tener conexión a WIFI.	A3.- El sistema deberá tener más modos de conexión (datos móviles o radiofrecuencia).
A2.- El sistema deberá tener una aplicación móvil.	A5.- La aplicación deberá ser de bajo consumo de recursos.
A4.- El sistema deberá dar información de los usuarios.	A7.- El mantenimiento del dispositivo deberá ser de bajo costo.
A6.- El sistema deberá contar con un identificador de dispositivo.	B5.- El dispositivo será de poco mantenimiento.
A8.- El sistema deberá ser resistente.	C1.- La interfaz deberá ser amigable con el usuario.
B1.- El sistema deberá contar con un diseño práctico y cómodo.	D1.- Cada dispositivo deberá tener un tamaño aproximado de. 5x3 cm/1.97x1.18 pulgada
B2.- El sistema tiene que ser exacto en la ubicación.	D2.- El sistema deberá ser amigable con el medio ambiente
B3.- El dispositivo deberá tener una batería duradera y recargable	D3.- El costo de producción deberá ser menor a \$1,700.
B4.- El dispositivo deberá conectarse a la corriente de cualquier hogar.	C2.- El sistema deberá conectarse a una internet de forma inalámbrica.
	C3.- Las refacciones deberán ser fáciles de conseguir.

Con estos requerimientos deseables ya identificados, lo que sigue es saber cuál es el orden de importancia de cada uno de ellos, para así, establecer los que tienen más prioridad en el diseño, aunque lo ideal sería incluir todos, pero depende del funcionamiento del sistema, aun así, se tratará de incluir la mayor parte de los requerimientos del cliente. Para obtener el cálculo se utilizan dos valores de comparación.

(+) El cual nos indica que el requerimiento de comparación es más importante.

(-) Este indicará que el requerimiento de comparación es menos importante.

Una vez identificados los valores de comparación, se calculan los pesos relativos de cada requerimiento deseable, mediante la ecuación (1), donde $\sum (+)$ es el número de veces que el requerimiento fue más importante respecto a los demás.

$$Ir(\%) = \frac{\sum +}{Total} * 100; \text{ Valor relativo del requerimiento} \tag{1}$$

Se procede a realizar la TABLA III, donde se colocan los requerimientos deseables según el orden de importancia obtenida de los valores de comparación.

Tabla 3. Ponderación de los requerimientos deseables en orden de importancia.

Orden de importancia	Requerimientos Deseables	$\sum(+)$	Ir (%)
1	A1.- El sistema deberá tener conexión a WIFI	8	22.22*
2	B2.- El sistema tiene que ser exacto en la ubicación.	7	19.44*
3	A2.- El sistema deberá tener una aplicación móvil.	6	16.66*
4	B3.- El dispositivo deberá tener una batería duradera y recargable	5	13.88*
5	A8.- El sistema deberá ser resistente.	4	11.11*
6	A7.- El mantenimiento del dispositivo deberá ser de bajo costo.	3	8.33*
7	D1.- Cada dispositivo deberá tener un tamaño aproximado de. 5x3 cm/1.97x1.18pulgada	2	5.55*
	Total=	36	100

Traducción de los requerimientos a términos mensurables de ingeniería. Los requerimientos se deben llevar a un nivel determinable, es decir, los requerimientos que han hecho los clientes tienen que ser definidos en términos que se puedan medir en ingeniería, de manera que se enlace directamente con unidades de medición; los que no se puedan asociar directamente a una unidad de medición, se hará de una manera que se refiera a la actividad de manera explícita. En la traducción aún no se hace registro de las cantidades que desde un principio el cliente ha pedido, por lo contrario, se establecen en las metas de diseño, cuando estén establecidos los términos relacionados a la ingeniería, se podrán tener las cantidades específicas que se tengan por meta en el diseño.

Metas de diseño: conectar el sistema con la aplicación móvil mediante WIFI. Medir la cantidad de usuarios conectados. Mostrar un menú para que el usuario realice la opción que desee. Ver la información que mande el sistema en la aplicación sobre los usuarios. Localizar el dispositivo en tiempo real y además proporcionar la facilidad a los rescatistas de obtener información precisa de la persona que yace atrapada, para así poder inmediatamente brindar los primeros auxilios y llevar un control de las víctimas.

En la TABLA IV se puede observar con claridad las funciones llevadas a cabo dentro del sistema embebido, asentando una matriz de decisión, en esta se toman en cuenta los conceptos establecidos, considerando las condiciones y características dentro del sistema.

Tabla 4. Evaluación basada en matrices de decisión.

FUNCIONES	Conceptos			
	Calificación relativa	A	B	CD
A1.- El sistema deberá tener conexión a WIFI.	22.22	*	+	+
B2.- El sistema tiene que ser exacto en la ubicación	19.44	*	+	-
A2.- El sistema deberá tener una aplicación móvil.	16.66	*	+	-
B3.- El dispositivo deberá tener una batería duradera y recargable.	13.88	*	+	+
A8.- El sistema deberá ser resistente.	11.11	*	+	+
A7.-El mantenimiento del dispositivo deberá ser de bajo costo.	8.33	*	+	+
D1.- Cada dispositivo deberá tener un tamaño aproximado de 5x3 cm/1.9x1.18pulgada.	5.55	*	+	+
$\Sigma+$	0	*	8	5
Peso total	97	*	97	61
Mejor concepto (Ranking)		3	1	2

3. Desarrollo.

Para comprender el funcionamiento del dispositivo, se describen a detalle todas las funciones que el sistema tiene que cumplir, se limita la función principal del sistema y las subfunciones que tiene que efectuar para que pueda llevarse a cabo. La función principal del sistema, tiene apoyo de las otras funciones de servicio y de todas aquellas acciones que ejecutará para poder acceder a la localización de las personas y su información, estas acciones pueden ser principales o de uso común, tal como se muestra en la Figura. 2.

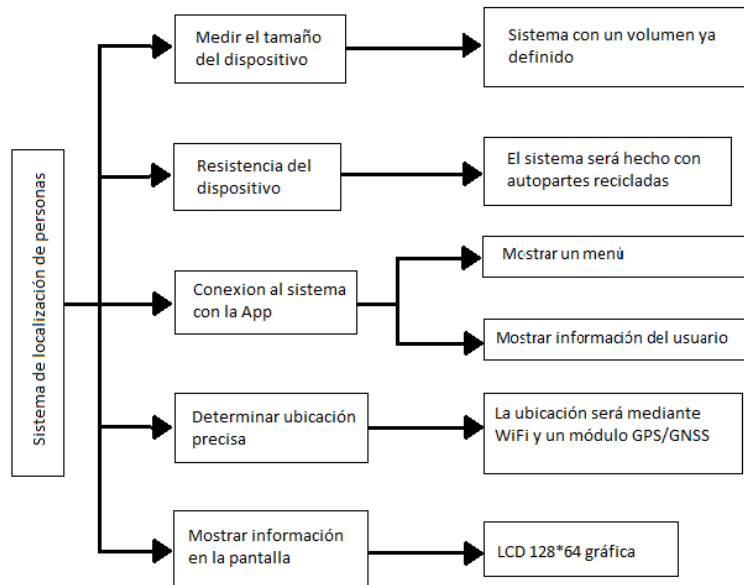


Figura 2. Cuadro de proceso dentro del Sistema de localización.

Una vez establecido el análisis funcional, mediante una lluvia de ideas se proponen soluciones para resolver cada función, como se muestra en la TABLA V, de esta forma se generan los conceptos que ayudan a dar forma al sistema a diseñar. Ya que se obtienen las posibles soluciones a cada una de las funciones, se deberá realizar una etapa de evaluación, para lo cual se utilizan tres filtros que ayudan a obtener un diseño que contemple de mejor manera las funciones y las expectativas del cliente. El primer filtro es el de factibilidad, donde las posibles soluciones se evalúan tomando en cuenta que sean elementos que puedan cumplir con las funciones y no se contrapongan con algún otro requerimiento obligatorio dado por el cliente. Del primer filtro se pueden desechar los conceptos C y D, puesto que estos no cumplen de manera satisfactoria con este, pero esta idea no se desechó, sino que se propuso generar una mezcla entre los conceptos, y así formar un concepto CD; de igual manera las tres funciones que no fueron factibles del concepto A son sustituidas con las soluciones que si pasaron del concepto B.

El segundo filtro es de disponibilidad tecnológica, en el cual se verifica que todas las soluciones a las funciones sean capaces de diseñarse o seleccionarse con base en los conocimientos teóricos o la tecnología actual. El tercer y último filtro es el de la evaluación de los conceptos basados en los requerimientos del cliente, para este caso en el concepto A, una de sus funciones no cumple con las expectativas del cliente, lo cual conlleva a sustituir esa función por el elemento que se propone en el concepto B, el cual si cumplió con este filtro y así no desechar todo el concepto A. En la TABLA V, se realizó una matriz de decisión, para la cual se necesitarán los requerimientos deseables y su calificación relativa, con lo que se obtendrá como resultado el concepto ganador, para esto se selecciona el concepto A como el concepto pivote, es decir, el que servirá como punto de comparación, si un concepto cumple de mejor manera el requerimiento se colocará un signo (+), y si lo cumple de igual o menor forma se colocará un signo (-).

Recordando que la fase de diseño a detalle corresponde a la generación de todas las especificaciones necesarias para la realización del producto-solución, dicho lo anterior se tomó como referencia la tecnología disponible y se llegó a que el diseño que se efectuará será el del concepto que después de realizar los filtros correspondientes se obtuvo como ganador y este fue el B, este diseño se dividirá en dos partes, la parte del hardware y la parte del *software*. Para el software se diseñará una aplicación que mostrará la ubicación de nuestro dispositivo en tiempo real, aunque estemos a una distancia considerable. Esta misma estará precisada a una aproximación de 5-10m, con un rango de variación de 1-5 de delay.

Del lado del *hardware*, se implementó un dispositivo de 5x3/1.97x1.18 plg. El cual está hecho de material reciclado como lo es aluminio y acero para una mayor resistencia, el módulo GPS/GNSS con soporte DGPS/SBAS permitirá tener una mejor ubicación. La conexión de nuestro dispositivo se llevará a cabo con un módulo Simcom de Arduino, Sim9000, el cual permitirá tener acceso a la ubicación de este sin problema alguno desde la aplicación. Esto se apegó a los requerimientos del cliente, puesto que serán fáciles de usar, portar y además de que tendrá un costo accesible.

Tabla 5. Generación de conceptos.

Funciones	A	B	C	D
1.-Conexión WIFI	Modulo	GSM-GPRS - Simcom Sim900 Shield – Arduino	WiFi – Arduino – ESP8266	Arduino – MKR Wifi 1010
2.- Localización del dispositivo	Por medio de conexión WiFi	Por medio modulo GPS/GNSS	Enviando señales cada segundo	Envía alertas o mensajes cuando el dispositivo este en movimiento
3.- Conexión del sistema con la App	Interfaz amigable, diseño práctico	App de bajo consumo de recursos	Diseño practico e intuitivo	Por medio de datos móviles
	Panasonic de 2100mAh	Recargable 4,8V	73,9mm x 46,0 x 19,5mm	140g

4.- Batería duradera y recargable				
5.- Resistencia del dispositivo	Recipiente hecho de <i>autopartes recicladas</i>	Cilindro hecho con acero y aluminio reciclado de los automóviles	Cilindro sellado	Dispositivo de tamaño aproximado 5x3/1.97x1.18 plg
6.- Tamaño del dispositivo	Gabinete reciclado	Cilindro de 5x3/1.97x1.18 plg	Placa Arduino Nano 4.5cm x 1.8	

En el Algoritmo 1 se muestra el pseudocódigo de la lógica implementada. Esta lógica sucede cada que una nueva petición de conexión es entrante hacia el sistema localizador, transmitiendo la señal desde el sistema embebido reflejando en el dispositivo móvil.

Algoritmo 1. Sistema embebido localizador de personas

1. Inicio
 2. Mientras (solicitud != falso)
 3. Vincular con el dispositivo móvil.
 4. Imprimir mensaje «Conectando».
 5. Establecer una conexión si (conexión == verdadero) entonces
 6. Imprimir «Mostrar Opciones»
 7. Obtener valor recibido, opción < - valor recibido
 8. Según opción Hacer
 9. Caso = 1
 - 10 Llamar función «Mostrar Datos»
 11. Caso = 2
 12. Llamar función «Salir»
 13. Caso = Sí No
 14. Imprimir «Opción Invalida»
 15. Fin Según
 16. si no
 17. Imprimir «Conexión no establecida, vuelva a intentarlo»
 18. Fin Si
 19. Repetir
 20. **FIN**
-

Resultados.

A continuación, en la Figura 3 se muestra una prueba del funcionamiento y cada una de las formas en que se realiza comunicación entre el sistema embebido y la aplicación móvil, la cual cabe destacar será multiplataforma. En la Figura 4 se presenta el diseño CAD del prototipo de la carcasa física en donde se alojará el sistema embebido, seguida de la del diseño propuesto para el interior de la carcasa.



Figura 3. Simulación del funcionamiento del sistema propuesto.

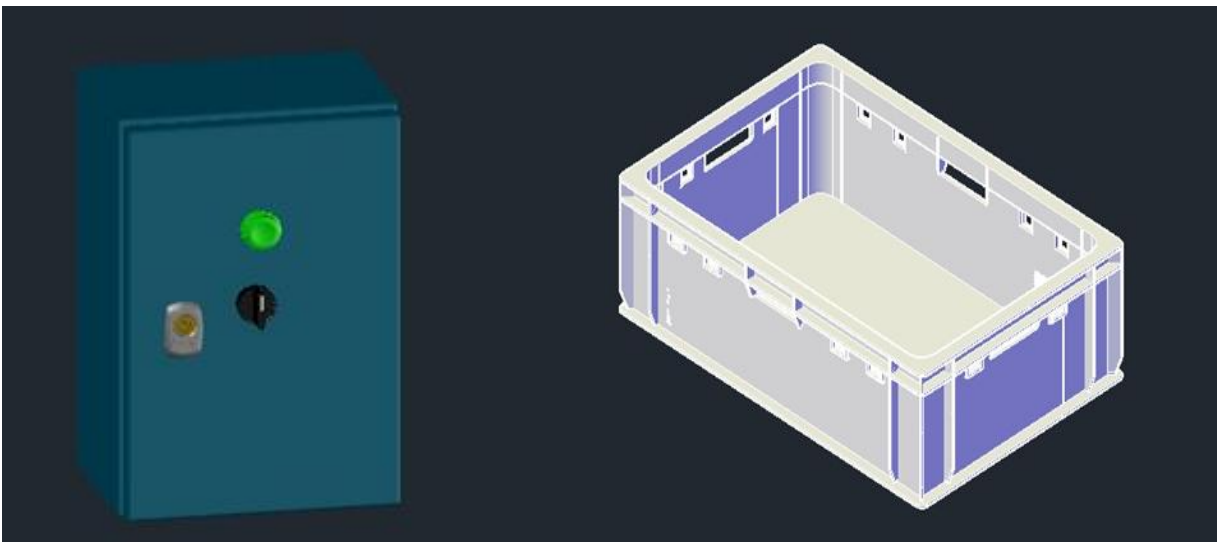


Figura 4. Prototipo en CAD de carcasa exterior e interior del Sistema localizador.

Conclusiones.

En el presente trabajo se logró diseñar e implementar un prototipo de alto nivel usando un software óptimo con la metodología QFD y una interfaz de comunicación WiFi, con la finalidad de desarrollar un sistema embebido, que cumpla con la función de ser una herramienta de utilidad para los rescatistas durante la difícil labor de liberación de personas de los escombros. La metodología ya mencionada se implementó con el objetivo de obtener un diseño conceptual que cumpla con todos los requerimientos obligatorios del cliente y la mayoría de los deseables. Esto llevó a descubrir los requerimientos del cuerpo de rescatistas y la gente que en un momento esté en peligro ante estas catástrofes y así poderlos clasificar para llegar a nuestra meta de diseño y llegar al diseño del sistema.

Hasta el momento con las pruebas realizadas se puede concluir que se implementó un sistema que recopila los datos desde un celular mediante señales de WiFi, estas señales son aquellas que emiten los sistemas empotrados con el

objetivo de optimizar los datos de las personas atrapadas y así tener la ubicación próxima de estas. El sistema obtenido es adaptable ante cualquier situación adversa, cumpliendo satisfactoriamente con sus objetivos principales. En el futuro inmediato se enfocará el trabajo en la mejora de varios aspectos del diseño final del dispositivo, con el fin de obtener distintos modelos que puedan ser portados y ocultados de distintas formas.

Créditos.

Los resultados presentados en este artículo fueron obtenidos gracias al apoyo del Tecnológico Nacional de México a través del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec al ofrecer la infraestructura adecuada para el trabajo a distancia en esta nueva modalidad de trabajo derivada de la pandemia por el SARS-CoV-2, sin este apoyo no hubiera sido posible esta publicación.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, en específico a la división de Ingeniería Informática por el apoyo brindado.

Referencias bibliográficas.

- Comunidad informativa, p. y. (s.f.).** *Temblores en México: Información, Historia, Estadísticas y Prevención.* Obtenido de <http://www.tembloresenmexico.com/index.php/estadisticas-sobre-temblores-en-mexico>
- Hernández, D. L. (2019).** *Implementation of a system embedded with IoT for the administration of water in home room tanks.* Reunión Internacional de Otoño, ROCC&C. Acapulco, Guerrero, México: IEEE Sección México.
- Hernández, D. L., Trejo, E. V., Juárez, T. V., & G., N. R. (2019).** *Design of mobile robot of positioning indoor.* XXVIII Reunión Internacional de Otoño, ROC&C. Acapulco, Guerrero, México: IEEE Sección México.
- Salazar, J. (Octubre de 2020).** *Redes Inalámbricas.* Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/1_00918/LM01_R_ES.pdf .
- Servicio Sismológico Nacional. (2013).** *Sismos fuertes.* Obtenido de <http://www2.ssn.unam.mx:8080/sismos-fuertes/>.
- Zócalo. (2 de Octubre de 2017).** *Zócalo.* Obtenido de https://www.zocalo.com.mx/new_site/articulo/aumentan-30-los-sismos-en-mexico-en-los-ultimos-anos#:~:text=%E2%80%9CLa%20proporci%C3%B3n%20de%20construcciones%20totalmente,sector%E2%80%9D%2C%20precis%C3%B3%20aquel%20informe.

Información de los autores.



Brandon Eduardo Trejo Nava, Alumno de la carrera de Ing. Informática en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, actualmente se encuentra colaborando en proyectos de desarrollo de software en general y sistemas embebidos. Sus principales intereses son software en general, sistemas computacionales y las nuevas tecnologías.



Edgar Alejandro Fernández Ávila, Alumno de la carrera de Ing. Informática en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, actualmente se encuentra colaborando en proyectos de desarrollo de software en general y sistemas embebidos. Sus principales intereses son software en general, sistemas computacionales y las nuevas tecnologías.



Luis Diego Ruiz Barajas, Alumno de la carrera de Ing. Informática en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, actualmente se encuentra en cursos de capacitación en programación y las nuevas tecnologías. Sus principales intereses son software en general, desarrollo de videojuegos y diseño de aplicaciones móviles.



Josué Emmanuel Reséndiz Torres Orozco, Alumno de la carrera de Ing. Informática en el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, actualmente se encuentra en marketing digital en Social Branders y Soporte Técnico Jerto Agente Seguros y Fianzas.



Derlis Hernández Lara, Ing. en robótica industrial egresado de la ESIME UA (2011) y M. en C. en ingeniería de cómputo con opción en sistemas digitales por parte del CIC (2014) en el Instituto Politécnico Nacional, México. Actualmente es profesor del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec y de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Su área de interés es la aplicación de metaheurísticas para el diseño y optimización en ingeniería.