

Automatización en el Llenado de Moldes para la Fabricación de Barra de Hielo

Manuel Alejandro Ramos de Fuentes

Universidad Autónoma de Nayarit - Área de Ciencias Básicas e Ingenierías, Cd. de la Cultura "Amado Nervo", Tepic, Nayarit, México 63190
mramos824@hotmail.com

Enrique Montoya Suárez

Universidad Autónoma de Nayarit - Área de Ciencias Básicas e Ingenierías, Cd. de la Cultura "Amado Nervo", Tepic, Nayarit, México 63190
emontoya@uan.edu.mx

Héctor Javier Saavedra Gómez

hjs24@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta la implementación de un sistema electrónico como una opción tecnológica para mejorar el proceso de fabricación de una barra de hielo, debido a que el proceso actual carece de un control. Generalmente, el proceso de fabricación presenta inconsistencias durante su fabricación, la mayoría de estas causadas por el error humano, ocasionando un mal aprovechamiento de los materiales empleados. Con este sistema se busca mejorar el aprovechamiento de los materiales, reduciendo costos y tiempos de fabricación, para generar un producto de calidad competitivo en el mercado.

Palabras Claves: automatización, barra de hielo, control, PLC.

1. Introducción

En la actualidad la escasez de agua es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y, en general, de muchos de los habitantes del planeta. El agua existente para consumo humano es poca, ya que: el 96.5% es agua de mar y tiene sal, el 1.7% es hielo y está en los polos, y tan solo el 0.8% de toda el agua del planeta es dulce, la cual se concentra en ríos, lagos y mantos subterráneos [1]. Por este motivo, una tendencia actual consiste en buscar nuevas alternativas tecnológicas que permitan garantizar el ahorro del vital líquido.

En el ramo de la fabricación de hielo se deben cumplir normas de estandarización para garantizar un producto con calidad, que nos ayude a cuidar al máximo los insumos requeridos para su elaboración. En las fábricas de hielo se producen dos tipos de hielo, el hielo que se puede consumir denominado rolitos (cubitos), y el hielo industrial que no es para consumo humano, denominado barra de hielo. En este proyecto se ataca una problemática que se tiene en el proceso de elaboración de la barra de hielo.

En el proceso de la barra de hielo se cuenta con un área de llenado la cual no cumple con las características necesarias para poder lograr un producto de calidad. Se debe cumplir con un nivel máximo de agua en el llenado de los moldes; la carga se hace mediante la apertura de una válvula de paso permitiendo el flujo del líquido, este proceso es controlado por un operador. El proceso manual no cumple con los estándares de calidad requeridos y se hace un uso incorrecto de los insumos utilizados en dicho proceso, en consecuencia se tienen las siguientes fallas:

- Producto irregular.
- Desperdicio de agua.
- Desperdicio de sal.
- Desperdicio de tiempo.
- Llenado irregular.
- Ineficiente atención del cliente.
- La cosecha de barras no se cumple en tiempo y forma.
- Producto salado.

En la fabricación de hielo, los operadores del área de producción de barras usan controles manuales y empíricos para la operación del sistema de llenado manual. Los instrumentos utilizados son válvulas manuales y recipientes para poder controlar el nivel de llenado máximo de agua en los moldes. Sin embargo, con la demanda y necesidad de crecimiento se está exigiendo su constante automatización por medio de tecnología.

Con esta propuesta se favorecerá creando un producto de mejor calidad cumpliendo con las necesidades requeridas para su elaboración y se impactará en el ahorro de los insumos necesarios para su fabricación. El sistema propuesto realizará el proceso automáticamente dejando al operador atender al cliente sin preocuparse por el llenado, porque incluirá electro-niveles, electroválvulas y un controlador lógico programable que ayuda a controlar mediante su programación el proceso y además, se podrá saber cuándo el sistema electrónico tiene alguna falla.

Cabe mencionar que la productora de hielo XX o mejor conocida como “Osito”, de Tepic, Nayarit, México tiene un sistema de purificación de agua necesario para realizar el proceso de fabricación de hielo. Este sistema origina que sea más costosa la producción de hielo, por lo que es muy importante hacer un uso eficiente del agua. Para cumplir con la producción y la calidad del hielo que se demanda a diario, es necesario contar con el nivel óptimo de llenado en los moldes, así como mantener la densidad de la solución del tanque de salmuera en un rango apropiado.

2. Propuesta

La propuesta del sistema para el llenado automático de moldes se basa en el diseño de un área de llenado que contiene la cantidad de líquido necesaria para poder llenar el molde hasta el nivel óptimo. La Fig. 1 muestra el diagrama a bloques del sistema propuesto para la fabricación de barra de hielo.

El flujo de agua está controlado por válvulas solenoides de acción directa y una válvula solenoide de membrana. Además, el sistema cuenta con electro-niveles que indican

cuando el área de llenado está en un nivel mínimo o máximo, a su vez envían una señal al controlador lógico programable (PLC) para que active o desactive las electroválvulas. El PLC es de la familia Crouzet y se encarga de la comunicación entre los componentes para realizar sus funciones cuando sean requeridas mediante sus entradas y salidas.

El sistema se pondrá en marcha o paro mediante unos pulsadores que se encuentran ubicados en un tablero de control. El tablero de control contiene indicadores luminosos y auditivos para mostrar una falla, un paro de emergencia o simplemente para indicar que está realizando su proceso de llenado.

El sistema propuesto es validado en un prototipo con un área de llenado para llenar 3 moldes de 17.5kg de hielo o en su equivalencia a un cuarto de barra.



Fig. 1. Diagrama a bloques del sistema automático de llenado.

3. Hardware y Software

Al desarrollar algún tipo de diseño o rediseño de maquinaria, es importante conocer el hardware que lo conformará; es decir, los componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos; así como su estructura de cableado, gabinetes o cajas, y todo tipo de periféricos o cualquier otro elemento físico involucrado. Por otra parte, para

que los componentes eléctricos realicen las funciones que se necesitan es importante el software o el soporte lógico de una computadora digital, el cual comprende al conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.

3.1. PLC

Este se utilizará para realizar la automatización del área de llenado de moldes debido a sus características propias [2]. La automatización que realiza el PLC es por medio de entradas y salidas del sistema propuesto, así los electroniveles y pulsadores son las entradas, mientras que las electroválvulas son las salidas a controlar.

3.2. Área de llenado

El área de llenado, mostrada en la Fig. 2, está diseñada para cumplir con la necesidad de lograr un nivel máximo en el llenado de moldes. Esta área está dividida en secciones equivalentes a la capacidad máxima de llenado. Cada sección equivale a un molde de 17.5kg de hielo. Para llenar el área es necesario activar la electroválvula que permite controlar el flujo de agua para que se llenen las secciones, una por una. La forma de vaciar el área es mediante electroválvulas que controlan el flujo de salida del agua.



Fig. 2. Área de llenado automatizada.

3.3. Tableros de control

Se dispone de dos tableros de control, el primero cuenta con un PLC, una fuente de alimentación de 24VCD para el mismo y para activar sus entradas mediante el control del electro-nivel. También, este tablero tiene instalados los pulsadores de arrancar y parar el ciclo de llenado [3]. Se podrá monitorear el llenado del área mediante los indicadores visuales y, para indicar alguna falla o emergencia en el proceso de llenado se dispone de una alarma auditiva que se activará si alguno de los electro-niveles tiene alguna avería y no manda la señal de paro al PLC.



Fig. 3. Tableros de control.

El segundo tablero de control tiene instaladas las fuentes de alimentación de 12VCD y 24VCA, que sirven para energizar las electroválvulas de llenado de moldes y de área. También, este tablero dispone de los indicadores visuales de llenado de moldes. En la Fig. 3 se muestran los tableros de control, con los pulsadores e indicadores.

3.4. Electro-niveles y Electroválvulas

El sistema propuesto tiene 4 electro-niveles: tres para indicar el nivel bajo de cada una de las secciones del área de llenado y uno para indicar el nivel máximo del toda el área

de llenado (Fig. 4) [4]. Todos estos se comunican al PLC por medio de las entradas. Al iniciar el ciclo de llenado, las electroválvulas (Fig. 5) [5] comienzan el llenado de los moldes y cuando los electro-niveles bajos detectan que alguna sección del área de llenado está vacía mandan una señal a la entrada correspondiente del PLC, para que desactive la electroválvula respectiva.

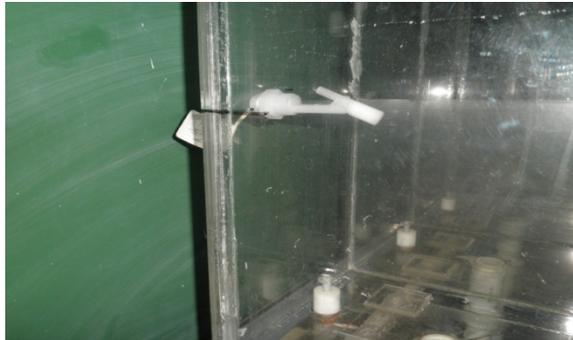


Fig. 4. Electroniveles de nivel alto y bajo de agua.



Fig. 5. Electroválvulas de acción directa.

Cuando la electroválvula [6] de llenado de área (Fig. 6) esté funcionando y el agua ha llegado al nivel máximo, el electronivel de llenado máximo manda una señal al PLC, para que desactive la misma.

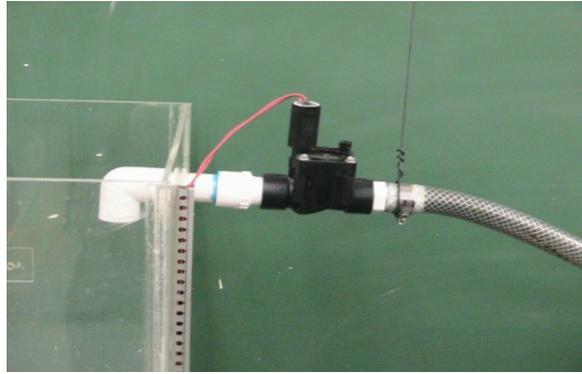


Fig. 6. Electroválvula Hunter PGV.

3.5. Software

El software utilizado para programar el PLC Crouzet es el Millenium 3 [7], el cual emplea dos tipos de lenguaje de programación: el lenguaje de contactos y el de diagrama de bloques de función. En este proyecto se utiliza una mezcla de ambos con la finalidad de optimizar el diseño. El programa desarrollado para el sistema propuesto se divide en dos procesos con la finalidad de facilitar su explicación. El primer proceso (Fig. 7) es el implementado para abastecer de agua el área de llenado, por lo que para arrancar el primer ciclo de llenado se pulsa el botón verde (botón de arranque) del tablero de control, activando el indicador visual de llenado de área, la electroválvula para el llenado de área y los temporizadores de protección de falla 1 y 2 de llenado de área. Cada sección se va llenando mediante el desbordamiento del agua y se activarán las entradas en donde están conectados los electroniveles de nivel bajo. Si alguna entrada no se activa después de que se cumpla un tiempo, se desactivará automáticamente el llenado de área, indicando la falla 1 por medio del parpadeo de los indicadores visuales de llenado de área y la alarma auditiva se activará alertando al operador. La Fig. 8 muestra el diagrama de flujo que implementa la subrutina de atiende la falla 1.

Para restablecer la falla 1 es necesario primeramente desactivar la alarma auditiva pulsando el botón rojo de paro, después se verificará cuál electronivel bajo está fallando, realizando su reparación o cambio físico. Los indicadores visuales de llenado de área y

de moldes mostrarán visualmente cuando la falla 1 está reparada mediante el parpadeo de los mismos, señalando que el sistema está en espera de ser reiniciado para continuar el ciclo de llenado de área, pulsando nuevamente el botón verde de arrancar e iniciando el ciclo donde se quedó activando la electroválvula de llenado de área, encendiendo indicadores visuales de llenado de área y activando el temporizador de protección de falla 2.

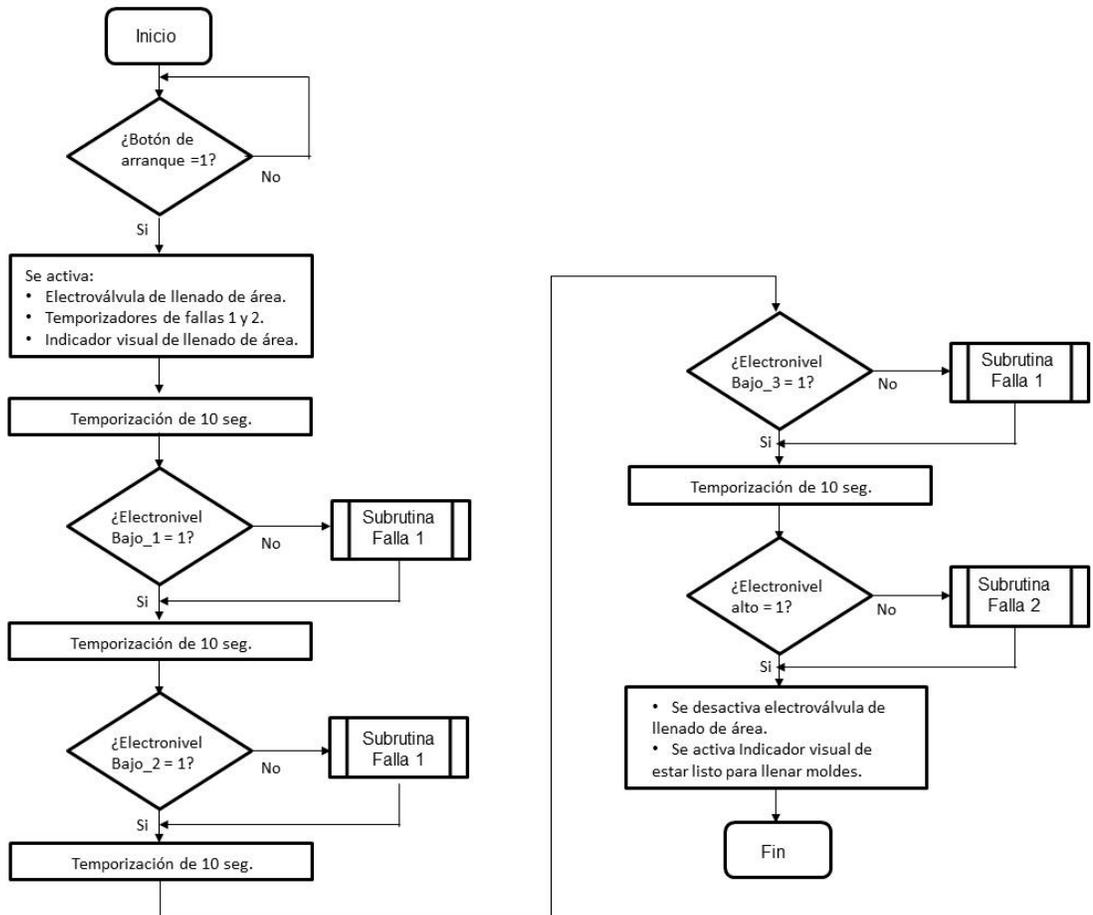


Fig. 7. Diagrama de flujo del proceso de llenado de área.

Cuando el electronivel alto manda una señal al PLC por la entrada respectiva, le indicará que está llena el área y de esta forma el PLC desactivará la electroválvula

correspondiente. El sistema está listo para realizar el ciclo de llenado de moldes. Si el electronivel alto no se activa después de que se cumpla un tiempo, se desactivará automáticamente el llenado de área, indicando la falla 2 por medio del parpadeo de los indicadores visuales de llenado de área y la alarma auditiva se activará, alertando al operador. Para restablecer la falla 2 se sigue un procedimiento similar al de la falla 1 descrito en el diagrama de la Fig. 8.

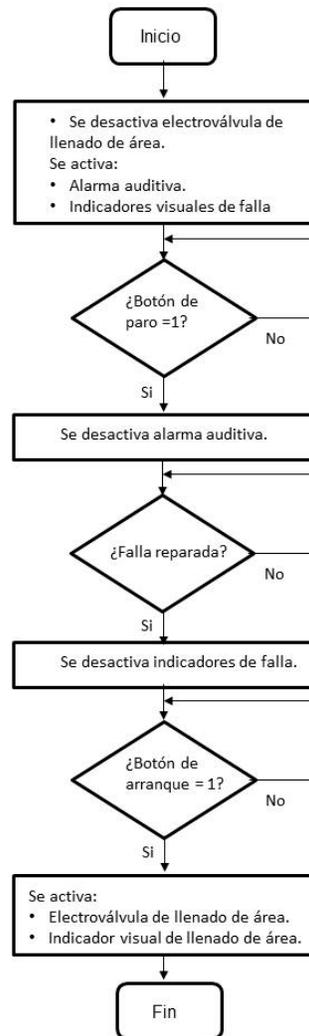


Fig. 8. Diagrama de flujo de la subrutina de fallas.

Por otra parte, el segundo proceso es el de llenado de moldes (Fig. 9), el cual se inicia pulsando el botón de arranque del tablero de control para que el PLC active las tres electroválvulas correspondientes, los indicadores visuales de llenado de moldes y los temporizadores de las fallas 3 y 4. Si el electro-nivel máximo se desactiva esto indicará que no se cumplirá la falla 3, desactivando el temporizador respectivo, permitiendo que continúe el ciclo de llenado de moldes. En caso contrario, se desactivará automáticamente el llenado de moldes indicando la falla 3, por el parpadeo de los indicadores visuales de llenado de moldes y la alarma auditiva activada alertando al operador. Para restablecer la falla 3 se sigue un procedimiento similar a los anteriores, pero para el electro-nivel máximo.

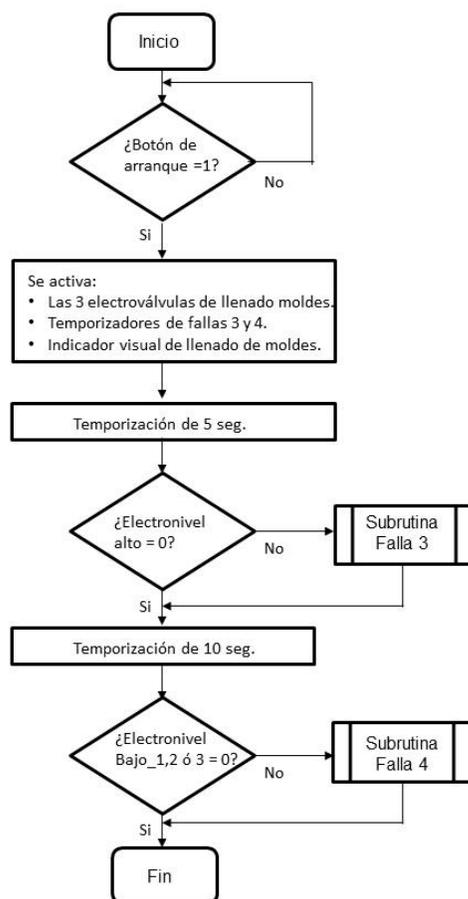


Fig. 9. Diagrama de flujo del proceso de llenado de moldes.

Si se desactivan el electro-nivel bajos se permitirá seguir con el llenado de área y desactivarán el temporizador de la falla 4. Pero si alguna entrada no se desactiva después de que se cumpla un tiempo, se terminará automáticamente el llenado de moldes indicando la falla 4, con el parpadeo de los indicadores visuales de llenado de moldes y la alarma auditiva se encenderá, alertando al operador. Para restablecer la falla 4 se sigue un procedimiento similar a los anteriores, pero para los electroniveles bajos. Los indicadores visuales de llenado de área y llenado de moldes mostrarán visualmente cuando la falla 4 está reparada mediante el parpadeo de los mismos señalando que el sistema está en espera de ser reiniciado para continuar el ciclo de llenado de área, pulsando nuevamente el botón verde de arrancar e iniciando el ciclo donde se quedó activando la electroválvula de llenado de área, encendiendo indicadores visuales de llenado de área y el temporizador de protección de falla 1 y 2. El Programa automáticamente iniciará el llenado de área con las condiciones del primer llenado de área.

4. Resultados

El sistema propuesto se diseñó a escala de una cuarta parte de un proceso real, con el objetivo de comprobar que los resultados son favorables en costo-beneficio de producción. Los resultados cualitativos obtenidos son los siguientes:

- Con un nivel óptimo de llenado de moldes se logra que las barras de hielo tengan el mismo peso y tamaño, dándole la cantidad exacta de producto al cliente.
- El operador puede atender a los clientes sin preocuparse por estar revisando el nivel de llenado, por cerrar la válvula de paso o por tener que restablecer el nivel óptimo cuando se derrama el agua de los moldes.
- Se pueden activar al mismo tiempo los sistemas de llenado que se tengan operando en la fábrica de hielo.

- Teniendo un nivel óptimo en los moldes, las barras se pueden producir en tiempo y forma.
- Se conserva la densidad de sal en el tanque, por lo que se ahorra sal.
- Se cuida el agua, sólo utilizando la cantidad requerida.
- Al no tener un nivel excedido en la barras, no se pierde tiempo al extraer la producción.
- Se evitan moldes vacíos.
- El sistema se encuentra funcionando de manera óptima en las instalaciones del Área de Ciencias Básicas e Ingenierías, dentro de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Mientras que los resultados cuantificables se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Se observa que el área de llenado tiene siempre un nivel máximo, lo que garantiza que al realizar los llenados de moldes estos tendrán siempre el mismo nivel, permitiendo así el ahorro de 40lts de agua, o aproximadamente $\frac{3}{4}$ de barra en cada ciclo de llenado.
2. La medición de salmuera se realiza cada semana utilizando un salinómetro (o decinómetro). Si se observa una medición de salmuera menor al 9%, se tiene que reponer a dicho nivel agregando sal. En la escala del salinómetro con una tonelada de sal sube 1%. En un consumo normal semanal cada vez que se toma la muestra se obtiene una medición entre 8.7% y 8.8%, lo que significa que se tiene que reponer entre 200kg y 300kg de sal para restaurar el nivel óptimo. Por lo tanto, si los moldes que se introducen al tanque de la salmuera no tienen su nivel de llenado óptimo, esto provoca que se sobrepase el nivel permitido del tanque de salmuera, por lo que se tendrá que extraer salmuera para prevenir que la producción se contamine con la misma, y esto genera que se desperdicie cantidad de sal. Con el sistema actual se tiene que estar reponiendo alrededor de 500kg de sal cada semana, por lo tanto se estaría ahorrando entre 200kg a 300kg de sal por semana una vez instalado el equipo propuesto.

3. Esta propuesta permite que el operador pueda atender a los clientes y a los repartidores sin preocuparse por cuidar el llenado. Esto permite ahorrar aproximadamente 10 minutos. Cabe mencionar que la atención al cliente, así como las cargas a los repartidores son importantes debido a que mientras más rápido se entregue el producto, se tiene mayor calidad en el servicio y mayor prestigio.

5. Conclusiones

La calidad que se obtiene en el producto da la confianza para competir en el mercado y seguir siendo líder en ramo de la fabricación de hielo. Además, se tendrá un impacto social al contribuir en el cuidado del agua. Por lo tanto, se puede concluir que:

- Se eliminaron los errores que puede cometer el operador utilizando las herramientas empíricas.
- Se disminuye el desperdicio del agua, al utilizarla correctamente y se alcanzan grandes ahorros económicos en los insumos necesarios para la fabricación.
- Se contará con un sistema automático en el área de llenado de este tipo.
- El ahorro obtenido se reflejará a corto plazo.

6. Referencias

- [1] The Worlds's Water. <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>. Marzo 2014.
- [2] Controlador Lógico Millenium 3. <http://www.crouzet.es/>. Diciembre 2013.
- [3] Pulsadores 3 SB.
<http://industria.siemens.com.mx/Control%20y%20Distribuci%C3%B3n/Pulsadores.html>. Diciembre 2013.

- [4] Electroniveles MADISON WS2A554.
[http://www.grainger.com.mx/articulos.php?l_ee=1&L_sessionCode=gkhbj0t5sipp
&l_sessionId=22825&S_itemCode=2A554](http://www.grainger.com.mx/articulos.php?l_ee=1&L_sessionCode=gkhbj0t5sipp&l_sessionId=22825&S_itemCode=2A554). Enero 2014.

- [5] Electroválvula HUNTER SRV. <http://www.hunterriego.com/product/valvulas/srv>.
Enero 2014.

- [6] Electroválvula STC. http://www.stcvalve.com/Process_Valves.htm#59. Enero
2014.

- [7] Software Millenium 3. <http://www.crouzet.es/>. Diciembre 2013.

7. Autores

Ing. Manuel Ramos de Fuentes es Ingeniero en Electrónica por la Universidad Autónoma de Nayarit. Actualmente trabaja para la Fábrica de Hielos “Osito” como responsable del área de producción con 12 años de antigüedad.

Dr. Enrique Montoya Suárez obtuvo el grado de Doctor en Ciencias con Especialidad en Diseño Electrónico por parte del CINVESTAV-Guadalajara. Su línea de investigación es el desarrollo de sistemas electrónicos en tiempo real y Circuitos Integrados de Aplicación Específica. Actualmente labora como profesor-investigador en el Área de Ciencias Básicas e Ingenierías de la Universidad Autónoma de Nayarit

Dr. Héctor Javier Saavedra Gómez obtuvo el grado de Doctor en Ciencias con Especialidad en Diseño de Circuitos Integrados para Aplicaciones en RF por parte del CINVESTAV-Guadalajara. Su línea de investigación es el diseño de transistores MOSFET de alto voltaje para RF en el rango de 2.4GHz.