

Diseño, Fabricación y Prueba de una Planta Piloto para Remoción de Peróxido de Hidrógeno en Afluentes de la Industria Alimenticia.

J.M. Martínez-Burrola^{1*}, A.J. Cordero-Escamilla¹, V.E. Manqueros-Avilés¹, A. Gámez-Vargas¹

Resumen— Al realizar el envasado de alimentos en algunos procesos es utilizado el peróxido de hidrógeno para esterilizar. Esto ocasiona que se obtenga agua residual con peróxido de hidrógeno diluido. Para recuperar dicha agua, se desea implementar un proceso químico a nivel planta piloto, que elimine el peróxido de hidrógeno en aguas residuales de la industria alimenticia. Para controlar el proceso se requiere la instrumentación suficiente que haga posible medir y controlar las variables de proceso, y lograr el óptimo funcionamiento de la planta piloto. Este trabajo considera primeramente el diseño y fabricación de reactores a nivel planta piloto, para luego hacer la selección y construcción de la red hidráulica. Posteriormente se tiene la implementación del sistema de automatización en el proceso. Finalmente, se muestran los resultados de las pruebas preliminares, en las que destaca que se logró tener un proceso a nivel piloto que permite recuperar 350 l/h de agua, al eliminar por completo el peróxido de hidrógeno.

Palabras claves— Planta piloto, Peróxido de hidrógeno, Recuperación de agua.

Abstract— When making food packaging is used in some processes hydrogen peroxide to sterilize. This causes waste water contaminated with diluted hydrogen peroxide. To recover this water, it was implemented a chemical process at pilot plant level, to remove the hydrogen peroxide wastewater from the food industry. For process control instrumentation enough to make it possible to measure and control process variables, and achieve optimal operation of the pilot plant it is required.

This paper first considers the design and manufacture of reactors at pilot plant level, then make the selection and construction of the water system. Then there is the implementation of the automation system in the process. Finally, the results of preliminary tests, which stresses that managed to have a pilot scale process which can recover 350 l / h of water to completely remove the hydrogen peroxide.

Keywords— Pilot plant, Hydrogen peroxide, Water recovery.

^{1*}juanmanuel.martinezb@hotmail.com, acordero@itslerdo.edu.mx, vmanqueros@itslerdo.edu.mx, agamez@itslerdo.edu.mx, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico #1555. Col. Periférico. Cd Lerdo Dgo. C.P. 35150. Tel. (+52) 871-7252371 ext. 150.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los procesos de envasado de alimentos en diferentes plantas industriales se requiere la esterilización de empaques, lo que en ciertas situaciones se realiza por medios químicos empleando el peróxido de hidrógeno (H₂O₂), el cual es aplicado al material de envase y al equipo del proceso. Como resultado se obtiene agua residual con peróxido de hidrógeno diluido, siendo vertido al drenaje sin algún tratamiento previo y sin reusarse, ya que no existe un mecanismo o equipo que provea la reacción química necesaria para eliminación del mismo.

Debido a que la problemática anterior se encuentra presente en varias empresas de la región, es que previamente a este trabajo se desarrolló el diseño de un reactor químico, a nivel laboratorio, para la eliminación de peróxido de hidrógeno en ciertas condiciones.

La eliminación del H₂O₂ presente en dicha agua residual se puede lograr de varias maneras: mediante el uso de enzimas y de los procesos de oxidación avanzada como son la ozonización, luz ultravioleta, fotocátalisis con reactivo fenton, filtrado con carbón activado, entre otros. A continuación se describe brevemente los considerados en el presente trabajo.

Luz ultravioleta (UV)

Esta luz es la porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X (100nm) y la luz visible (400nm). La división de esta radiación UV puede ser clasificada en cuatro regiones: la UV de vacío (100-200 nm), UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) y UV-C (200-280 nm).

Existe una diversidad de aplicación de la luz UV en los tratamientos de aguas, así como dentro de la obtención de radicales (OH) a partir del H₂O₂ [1]. La luz promueve reacciones de oxidación iniciadas por las presencia de radicales libres. Para que estos procesos se lleven a cabo es necesaria la presencia de agentes oxidantes, los que permiten la formación de dichos radicales, de los cuales los más reconocidos y utilizados son el peróxido de hidrógeno, el ozono, etc. Entre los distintos procesos de aplicación para el tratamiento de aguas, la combinación de radiación ultravioleta y el peróxido de hidrógeno es muy interesante cuando se desea agua con un alto grado de

pureza. El peróxido de hidrógeno es un potente agente oxidante no selectivo y una excelente fuente de radicales libres; es además un aditivo deseable ecológicamente ya que durante su descomposición se genera agua y/u oxígeno.

Fotocatálisis con reactivo Fenton

Los conocidos ensayos de Fenton de fines del siglo XIX demostraron que las soluciones de peróxido de hidrógeno y sales ferrosas eran capaces de oxidar los ácidos tartárico y málico, y otros componentes orgánicos. Más tarde, Haber y Weiss sugirieron que se formaban (OH°), y que dichos radicales luego podrían reaccionar por dos vías: la oxidación de Fe (II) y el ataque a la materia orgánica [2].

La adición de sales de hierro como catalizador en la presencia de peróxido de hidrógeno, conocida como reactivo Fenton, es uno de los métodos clásicos de producción de radicales hidroxilo. El hierro puede ser añadido como sal ferrosa o férrica. Estos radicales inician una cadena de reacciones para eliminar toda la materia oxidable.

Carbón activado

Recientemente los catalizadores basados en óxidos de hierro dispersos en matrices de carbón activado se han utilizado con éxito en aplicaciones ambientales. Debido al área de superficie y química de la superficie, los carbones activados pueden adsorber una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos, siendo ampliamente utilizados para el proceso de potabilización de agua [3].

Estas propiedades interesantes de carbones activados permiten la dispersión eficiente de especies de hierro en toda su estructura porosa. Además, la combinación de tanto la adsorción y la catálisis heterogénea en un solo proceso, puede ofrecer una alternativa atractiva en el tratamiento las aguas residuales [4].

Ya que previamente a este trabajo se ha identificado y probado un proceso de eliminación de peróxido de hidrógeno en agua residual a nivel de pruebas de laboratorio, es necesario un escalamiento de dicho proceso a un nivel de planta piloto.

Planta piloto

Se define como el proceso que consiste en partes específicas ensambladas que operan como un todo armónico con el propósito de reproducir, a escala, procesos productivos. En estos procesos intervienen fenómenos, simples o complejos, de interés para la ingeniería química, permitiendo el análisis de las interacciones presentes en operaciones tales como la termodinámica, el flujo de fluidos, la transferencia de masa y energía, las reacciones químicas, la biotecnología, el control de procesos, instrumentación y automatización, entre otras. También facilita la posterior operación y

aplicación a nivel industrial o en algún área de trabajo determinada; sirve además para la confrontación de la teoría (modelos) con la práctica y la experimentación en las áreas del conocimiento antes mencionadas [5].

Anaya y Pedroza [6] mencionan que las plantas piloto tienen un alcance pedagógico de suma importancia por la interacción interdisciplinaria de maestros y alumnos para la toma de decisiones, trabajo en equipo, manejo y manipulación de variables, resolución de problemas, entre otros. La planta piloto es una pieza fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías pues al realizar estudios en ella se generan nuevos conocimientos y criterios técnicos que permiten dar pasos hacia adelante en la optimización, control, alcance, seguridad, rentabilidad, etc., de procesos equipos, y energías productivas.

Así pues, la razón de este trabajo es el de implementar un proceso químico a nivel planta piloto que elimine el peróxido de hidrógeno en aguas residuales resultantes de procesos de la industria alimenticia. Para controlar el proceso se requiere la instrumentación suficiente que haga posible medir y controlar las variables de proceso y lograr el óptimo funcionamiento de la planta.

El inicio del trabajo se basa en el diseño y construcción de un reactor para la remoción del H_2O_2 a nivel planta piloto que de una manera novedosa lleva a cabo la reacción y degradación de este compuesto. Posteriormente se tiene la selección de los componentes requeridos (filtros de cartucho y de carbón activado, lámpara UV, bomba centrífuga, tanques, etc.) y el diseño y construcción de la red hidráulica.

Enseguida, y debido a la necesidad de monitorear las variables de proceso de forma continua y confiable, se contempla el diseño y construcción de un sistema de instrumentación a partir de transductores de peróxido y de flujo, considerando el uso de una interfaz táctil para operar la planta, además de visualizar y supervisar el proceso de tratamiento del agua. También se contempla el control automatizado de la planta, a partir de un controlador lógico programable (PLC) y los diferentes sensores y actuadores (bomba, válvulas solenoide, lámparas, etc.) de la planta piloto.

Finalmente, se consideran las pruebas iniciales realizadas para la remoción del peróxido en el agua problema, siendo exitoso el resultado.

II. METODOLOGÍA

El diseño, fabricación y puesta en marcha de la planta piloto contempla las siguientes fases: *A. Diseño y construcción de reactores para la remoción del H_2O_2 ; B. Diseño, construcción y selección de sistema hidráulico; C. Implementación del sistema eléctrico-electrónico para la*

automatización del proceso. D. Ajustes y pruebas de operación.

A. Diseño y construcción de reactores

Las pruebas preliminares fueron realizadas con la capacidad de análisis del Laboratorio de ambiental del ITSL. Los reactivos usados en este estudio incluyendo HNO_3 (99% Analytyka), KMnO_4 (99% Analytyka), H_2SO_4 (98%, Mallincrodt), fueron grado reactivo mientras que el H_2O_2 (35%, v/v, Colloids de México) fue grado alimenticio. Además se usó un kit para determinación de hierro soluble y total (K-6010 CHEmets, 0.1-10 ppm Fe). El agua destilada fue usada como solvente de reactivos y medio de preparación de agua para la planta piloto. La técnica de permanganimetría (KMnO_4 0.05 M) fue usada para la determinación de H_2O_2 [7]. Se fabricaron rollos de malla mosquitera, con los que se realizaron las pruebas de reacción logrando el diseño y fabricación de dos reactores, que se muestran en la Figura 1.



Figura 1. Reactores construidos para la planta piloto

B. Diseño, selección y construcción de sistema hidráulico

La capacidad de tratamiento de agua fue diseñada para 400 litros por hora (l/h), de manera que el flujo pudiese ser controlado para tener un mayor tiempo de estancia en los reactores. La Figura 2 muestra los componentes de la planta piloto diseñada. Para iniciar el proceso se adquirieron dos tanques de 450 l, con la recubierta interior especial para evitar crecimiento microbiano; el primero para recepción y el segundo para almacenar el agua luego del tratamiento propuesto. Así fue seleccionada una bomba centrífuga 220 VCA, trifásica de 1 hp y conexiones a 1". Se colocaron manómetros de glicerina antes y después de los componentes principales para observar la caída de presión en el sistema. La tubería usada fue pvc cédula 80 de 1/2" para que pudiera soportar las condiciones corrosivas del H_2O_2 y que no incrementara la cuantificación de partículas metálicas en el análisis final del agua, también se instalaron tuercas unión entre cada componente para el mantenimiento y/o reemplazo de los mismos.

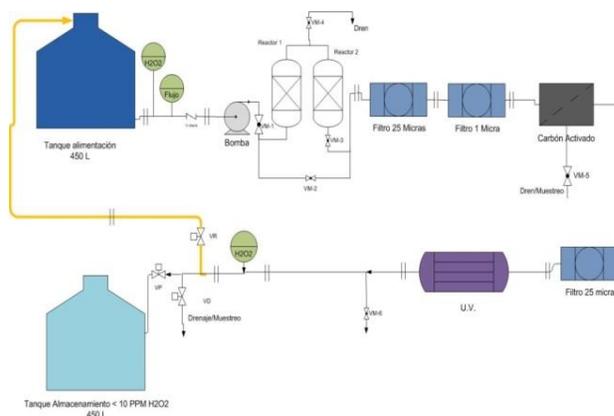


Figura 2. Diagrama esquemático de planta piloto.

A la descarga de la bomba se instaló un transductor de flujo y un transductor de H_2O_2 . Después se instalaron los reactores de PVC cédula 80 de 4" de diámetro y 1.5 m de longitud, bridado por los lados y salidas a 1" hembra npt. Luego de los reactores, se instaló una serie de filtros de cartucho de polipropileno de 25 μm y 1 μm para retener los sólidos que arrastrara el agua por el paso de los reactores. Posteriormente el agua fluye por un filtro de carbón activado (carbón vegetal de coco) para eliminar olor, color y sabor al efluente. A este filtro de carbón se añadió una cama de sílice en la parte interior y se consideró la posibilidad de retro lavarse mediante una válvula manual en el cabezal del mismo.

Para retener el polvo del carbón activado se instaló un filtro de polipropileno de 25 μm . Para esterilizar el agua se usó una lámpara UV de radiación emitida a 254 nm para un flujo de 15 l/min (900 l/h), cuerpo de acero inoxidable y tubo interior de cuarzo.

Finalmente se instaló un segundo transductor de peróxido para cuantificar la concentración de peróxido a la salida del proceso, así como tres válvulas solenoides (24 VCD) con cuerpo de acero inoxidable de 1/2" para canalizar el flujo según se requiera hacia el drenaje, reproceso y tanque de almacenamiento.

En la figura 3 se muestra el diseño digital de la planta piloto, mientras que en la figura 4 se muestra una imagen de lo construido.

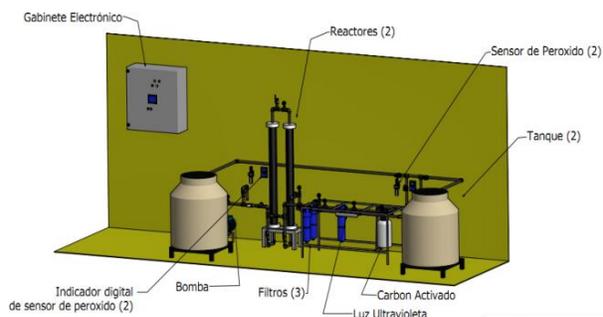


Figura 3. Diseño general de planta piloto.



Figura 4. Planta piloto fabricada.

C. Implementación del sistema eléctrico-electrónico para la automatización del proceso

Se diseñó un sistema de control de acuerdo a las necesidades que se tuvieron al momento de medir y monitorear las variables del proceso, que fueron el flujo y la concentración de H_2O_2 . La mezcla de agua con peróxido se captura en el tanque inicial, para luego ser bombeado por el sistema. El primer transductor de peróxido (JUMO Tecline 0-10,000 ppm H_2O_2) se conectó a un indicador/controlador (JUMO Aquis 500) el cual además de visualizar el valor de la concentración de H_2O_2 , envía al PLC para su registro y cuantificación inicial. El flujo es monitoreado por un transductor rotatorio de paletas (Automation direct 0-35 gpm) el cual también envía una señal analógica de 0-10 V al PLC. Al pasar por el sistema de reactores y de filtración, la cantidad de peróxido en el agua reduce su cantidad el cual se cuantifica con el segundo transductor. Al tener este valor el PLC se configuró para que al registrar una concentración mayor a 100 ppm de H_2O_2 , se active la válvula solenoide que envía el agua a reproceso ya que todavía tiene cantidad significativa de H_2O_2 . De ser menor a 100 ppm la concentración de peróxido se activa entonces la válvula de proceso indicando que la reacción del peróxido se lleva con éxito. También se instaló una tercera electroválvula la cual funciona como desagüe del sistema y evita el envío de agua hacia algún tanque.

El circuito eléctrico fue diseñado con suministro de voltaje

a 220 VCA trifásica al gabinete de control principal, el cual contó con un interruptor termo magnético de 15 A, un transformador de 220 VCA-110 VCA para realimentar un filtro de línea (EATON) y dos fuentes de 24 VCD (RHINO), una para alimentar los transductores y otra para alimentación de los demás componentes de CD. El control se concentró en el uso de un plc (Koyo DL-06) con un módulo de entradas analógicas, uno de 0-10 V y otro de 4-20 mA. Se usaron seis relevadores de 24 VCD para la activación de los componentes del circuito eléctrico. El flujo, variable a controlar en el proceso, fue manipulado mediante el uso de un variador de frecuencia (GS2, Automation Direct) comunicado mediante el puerto RS-232 al PLC.

Los datos obtenidos del PLC y del control en general, serán visualizados y manipulados mediante una interfaz táctil hombre-máquina (WOP 2104V Automation Direct) de 10" mediante el puerto de comunicación Ethernet (RJ-45). La Figura 5 siguiente muestra la integración final de los componentes de la platina.



Figura 5. Interior del gabinete de control.

El diseño del circuito hidráulico en la pantalla de HMI se hizo en el software WebOP Designer v 2.0 como se muestra en la Figura 6. En la pantalla principal se colocó el arranque y paro manual de la bomba, válvulas solenoides y lámpara UV. Además se muestra el registro de las variables: peróxido de hidrógeno inicial y a la salida de la UV. También se observa el valor del flujo en la parte inferior de la pantalla.

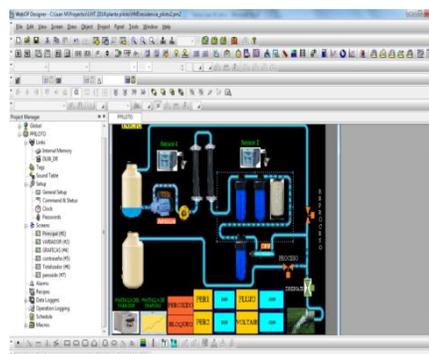


Figura 6. Diseño del HMI en Web OP Designer

D. Ajustes y pruebas de operación

Una vez finalizada la integración hidráulica y electrónica, se procedió a realizar las pruebas del sistema en general. Se llenó el tanque con agua corriente y se hizo fluir por todo el sistema, en primera instancia para eliminar las fugas de agua entre los componentes y en la tubería; también se limpió el carbón activado hasta que dejó de salir el típico color negro del polvo residual, y se calibró el sensor de flujo.

Luego con peróxido de hidrógeno al 35%, grado alimenticio, se estuvo agregando de 2 a 3 litros por cada tanque de agua lleno (400 l) para iniciar con la concentración de prueba de nuestro sistema a 2000 ppm de peróxido de hidrógeno. La determinación del contenido del peróxido a la entrada y salida de la planta se cuantificó por titulación con permanganato de potasio al 0.05 M, al mismo tiempo que se calibraban los sensores respectivos. Los primeros resultados se muestran en la Figura 7; se trabajaron a diferentes flujos para conocer el comportamiento del sistema y del tiempo de reacción que tenía el H_2O_2 en los reactores.

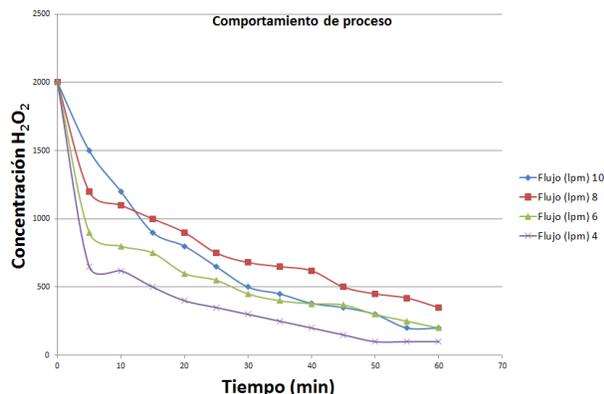


Figura 72. Comportamiento de la planta a varios flujos.

De la misma gráfica anterior, se pudo comprender que en una hora de trabajo, sólo se llegó a reducir la concentración de peróxido a no más de 100 ppm con flujos de 10 a 6 l/min, lo cual indicaba que sólo podía reducir hasta 80 ppm de peróxido a un flujo de 4 l/min (240 l/h) siendo inesperado el resultado. Ante esta situación y después de pruebas adicionales y con el mismo resultado, se dio a la tarea de realizar cambios en los reactores y por lo tanto sustituir la malla de empaque, ya que no se oxidó por completo y por lo tanto le faltó tiempo de reacción.

Se realizaron pruebas siguientes con el cambio de malla, con un cambio radical en los tiempos de reacción del H_2O_2 logrando reducir esta concentración a cero ppm en un tiempo inicial de 10 minutos, tiempo en el cual se

estabiliza el flujo y el sistema comienza a trabajar de manera ordenada. Los resultados con el flujo a 6 l/min se muestran en la Figura 8. El flujo de agua por el sistema estuvo trabajando a 360 l/h, lo cual está por debajo del diseño 400 l/h, pero esto se puede lograr aumentando la capacidad de los reactores, ya que con la oxidación de la malla mejoró bastante la reducción del H_2O_2 .

El punto más importante fue lograr que mediante la integración de la planta piloto se haya logrado reducir la concentración de peróxido de hidrógeno a 0 ppm.

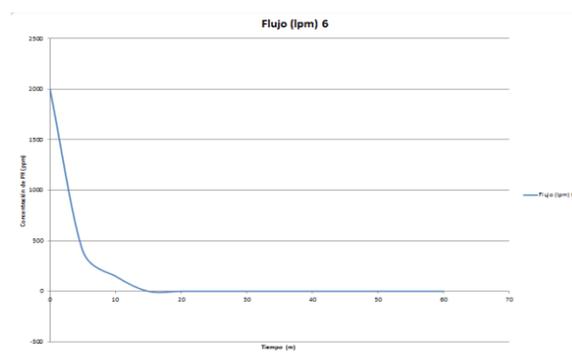


Figura 8. Resultados a 360 l/h

III. CONCLUSIÓN

Se logró construir a nivel de planta piloto un sistema novedoso para recuperación de agua industrial de las industrias alimenticias, ya que se logró reducir al 100 % la concentración del peróxido de hidrógeno a un flujo de 6 l/min. El proceso químico fue desarrollado mediante la técnica de permanganimetría y del cual se validó una vez que los sensores de peróxido señalaban un valor de 0 ppm en la pantalla. La construcción de los reactores y la manera de empaque facilitaron la oxidación de la molécula y por lo tanto, eliminar el oxígeno excedente del agua que se tiene de trabajo.

El proceso hidráulico tuvo algunas complicaciones en la parte de control de la presión al detectarse una caída de presión sobre el sistema, pero fue el resultado de la acumulación de burbujas en los manómetros resultando en una lectura baja. Sin embargo, la instalación soportó la carga de 40 psi que suministró la bomba y del cual no se tuvieron problemas posteriores.

La integración eléctrica-electrónica de la planta piloto fue cumplida al poder automatizar el proceso cuando la concentración de H_2O_2 excediera las 100 ppm y que se enviara el agua a reproceso. La funcionalidad de la interfaz táctil y la facilidad de interacción con el proceso, dan cabida a una mejora del proceso si se le adicionan componentes como sensores de presión y temperatura para posteriores análisis del agua industrial que se analice. El uso de elementos de automatización como son el PLC y la

HMI facilitan el proceso de la planta y el control de las variables.

Finalmente, la planta piloto cumple el objetivo de recuperar agua industrial y eliminar la concentración oxidante del peróxido de hidrógeno a un flujo aproximado a los 350 l/h, así como dejarla cristalina y con la calidad de agua potable cumpliendo con los parámetros señalados en la norma NOM-127-SSA. Estos resultados demuestran que es viable construir un proceso industrial con el escalamiento de estos resultados, con la instrumentación y automatización similar a la de este trabajo.

IV. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior de Lerdo por el apoyo para llevar a cabo este proyecto.

V. REFERENCIAS

- [1] Machado, J. T. (2006). Evaluación del ácido peracético, radiación ultravioleta y cloro para la desinfección de una fuente no convencional de agua (VALLE DE TULA). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- [2] Garcés Giraldo, L. F., Mejía Franco, E. A., & Santamaría, J. J. (2004). La fotocatalisis como alternativa para tratamiento de aguas residuales. Revista Lasallista de Investigación, 83-86.
- [3] Rodriguez-Reinoso, F. (1998). Carbon. 36:159.
- [4] Huang, H., Chen, J., & Lee, C. (2003). Chemosphere. 51:935.
- [5] Baasel, W. D. 1990. Preliminary Chemical Engineering Plant Design. Van Nostrand Reinhold, 2a Ed. Pp. 32-37. Nueva York, NY. EEUU.
- [6] Anaya-Durand, A y Pedroza-Flores, H.; (2008). Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina. Tecnología, Ciencia, Educación, Vol. 23, Num, 1, Enero-Junio, pp. 31-39.
- [7] Determinación de concentración por Permanganimetría, Solvay Brasil/PB0-BM-1311-00
- [8] Castro, C., Oliveira, L., & Guerreiro, M. (2009). Effect of Hydrogen Treatment on the Catalytic Activity of Iron. Science+Business Media.
- [9] Huang, C., Dong, C., & Tang, Z. (1993). Waste Management. 361-377.
- [10] Doménech, X., Jardim, W., & Litter, M. (2014). Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. Research Gate, 16-18.
- [11] Sirtori, C. (2010). Evaluación analítica de procesos de transformación biológica, fotoquímica y fotocatalítica de fármacos en agua. Almería, España: Universidad de Almería.
- [12] W.H. Glaze, F. B. (1992). Water Poll. Canada: Res. J.
- [13] Yumpu. (2014 de 09 de 13). Obtenido de yumpu: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14701135/6-determinacion-permanganimetría-de-peróxido-de-hidrógeno>
- [14] Mott R. Mecánica de fluidos, 6ª. Ed, Ed. Pearson

VI. BIOGRAFÍA



Martínez Burrola, Juan Manuel. Nació el 12 de Noviembre de 1985 en Matehuala, San Luis Potosí, Mex. Obtuvo el título de Ingeniero Químico en Alimentos en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la Cd. de Chihuahua, Mex., en Junio de 2009. Posteriormente concluyó sus estudios de posgrado

en la Especialidad de Mecatrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (ITSL), en cd. Lerdo, Dgo. Méx., en febrero de 2016.

Él actualmente labora como Profesor de Tiempo Completo en el ITSL en la División de Ambiental, donde su principal responsabilidad es el Laboratorio de Ambiental. Además colabora activamente en el Departamento de Investigación y Desarrollo del ITSL en proyectos ambiciosos de distintas áreas como la mecánica, electrónica y tratamiento de agua.

El Ing. Martínez ha publicado el artículo: "Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers" para la revista arbitrada Food Chemistry, Volume 119, Issue 4, 15 April 2010, Pages 1619-1625. Ha participado en diferentes congresos exponiendo los trabajos de I +D del ITSL.



Cordero Escamilla Armando José. Nació el 14 de Julio de 1975 en San Luis Potosí, Mex Obtuvo el título de Ingeniero Mecánico en el Instituto Tecnológico de Durango en 1998. Posteriormente logró la Maestría en Ingeniería con especialidad en Sistemas de Calidad, en 2008. Ha cursado diplomados en Gestión de Tecnología, Habilidades Gerenciales y Sistemas Fotovoltaicos.

Actualmente se desempeña como Profesor de Carrera de Enseñanza Superior Titular A, impartiendo clases en la carreras de Ingeniería Electromecánica, Electrónica y Ambiental del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en el estado de Durango. También colabora en el área de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la misma Institución, al participar en proyectos vinculados con empresas de la región y Centros de investigación nacionales. Las áreas de interés son: térmica, hidráulica, energías renovables y procesos industriales, entre otras.

El M.I. Cordero recibió el Premio Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación Durango 2012 en el área de Desarrollo Industrial, por parte del Gobierno del Estado.

Manqueros Avilés Víctor Edi. Nacido en la ciudad de Durango, Durango el 23 de Diciembre de 1976. Radica actualmente en Cd. Lerdo, Durango. Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Durango en el 2001, Obtuvo el grado como Maestro en Ciencias En Ingeniería Electrónica en Control, en el 2006 en el Instituto Tecnológico de Durango.



Actualmente trabaja como docente e Investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, dentro de la división de posgrado, en donde imparte asignaturas en la especialización en ingeniería mecatrónica, participa también desde el 2009 en la subdirección de investigación y desarrollo del tecnológico, en donde ha desarrollado en alrededor de 9 proyectos vinculados con empresas y centros de investigación. Áreas de interés: Control, Automatización, Mecatrónica, Robótica, Instrumentación, entre otras.



Gámez Vargas Aron. Nació en Torreón Coahuila en 1981. Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna en el 2004. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en la División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de la Laguna en el 2006. Se desempeñó como profesor del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, sus áreas de interés es el desarrollo de proyectos a la industria privada, electrónica de potencia, control aplicado, redes eléctricas industriales y procesamiento digital de señales.