

Diseño e implementación de un Sistema de Monitoreo y Calentador Solar Inteligente para Alberca Semi - Olímpica

Jose Ortiz, Martha Aguilera, Juan Guzmán, Mario Santos y Ramsés Orellan

J. Ortiz, M. Aguilera, J. Guzmán, M. Santos y R. Orellán.

Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Reforma Sur 2007, C.P. 88250, Nuevo Laredo, Tamaulipas.

joseluisortizsimon@hotmail.com

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.) .Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

In this article we present a project developed by the academic group "Robótica Aplicada" of the Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. The project consists in the design of Intelligent Monitoring and Solar Heater for a Semi-olympic pool. The system was implemented in the pool of our institute. The paper shows the strategies used to find the best option to obtain the adequate temperature.

13 Introducción

No es un tema nuevo el uso de sistemas que nos ayuden a evitar el consumo de combustibles fósil. Países alrededor del mundo implementan día a día, sistemas sustentables aprovechando principalmente la energía solar y la eólica. México, todo un país petrolero, consciente de la situación energética global, está implementando –aunque no al ritmo del consumo del combustible fósil– sistemas de aprovechamiento de energías alternativas. Sin embargo y es sabido por todo empresario que busca ahorro en el costo de la energía que consume su empresa, el cambio a energía alternativa, como la solar, es actualmente más caro que seguir consumiendo la energía proporcionada por el estado.

En el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo (ITNL) al igual que todas las instituciones en el país, consume energía eléctrica proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), además de consumir, gasolina para cortadoras de césped, diesel para calderas en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica y gas LP para la caldera de la alberca. Esta última caldera ha permanecido en desuso por el alto costo del gas que consume.

Con la experiencia de otros institutos tecnológicos como el de San Luis Potosí y el Instituto Tecnológico de Puebla, el gasto es de \$25000 pesos mensuales aproximadamente. Esta situación es indeseable por la situación económica institucional. Además, siendo el primer Instituto que implementa un sistema de calentamiento solar en el país, pretende ejemplificar a otras instituciones para invertir en el uso de sistemas sustentables al menos en el caso de calderas para alberca.

Es por ello que se desarrolló y se implementó el sistema de calentamiento solar a base de tubos de cobre que aquí se presenta.

13.1 Materiales y métodos

El proyecto inició primeramente con el estudio para determinar los materiales adecuados para lograr la temperatura óptima de la alberca. La figura 1, muestra la alberca en la cual se implementó el proyecto.

Se realizaron pruebas con dos tipos de paneles contruidos: Uno a base de cobre y otro en base a tubería CPVC.

Ambos paneles se conectaron a una bomba de agua regulada a 0.2 lts/seg. Se tomaron mediciones a temperatura ambiente en horas determinadas, al igual que temperatura del agua entrante y agua saliente.

Figura 13 Alberca semi-olímpica del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo



Se realizó este experimento a la misma hora (12:00) para comprobar la eficiencia de cada uno de los paneles. Esta actividad se muestra en la figura 2.

Figura 13.1 Medición de temperaturas en paneles CPVC y de cobre.



Los resultados de estas mediciones se muestran en la tabla 1. Se puede observar en forma práctica que la eficiencia de un panel con tubería a base de cobre es mucho mayor (9% PCVC contra 70% Cobre) que la de PCVC.

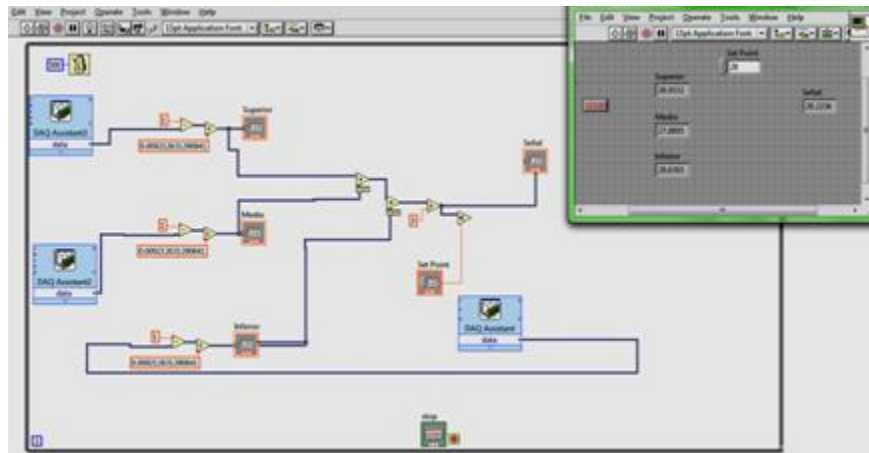
Tabla 13 Mediciones en colectores de CPVC y de cobre

Resultados experimentales						Resultados experimentales					
Colector a base de tubo CPVC					Colector a base de tubo de cobre						
Fecha	Hora	T Ambiente	T agua entrante	T Agua Saliente	Fecha	Hora	T Ambiente	T agua entrante	T Agua Saliente		
5-May	12:00	37.1	27	27	5-May	12:30	37	27.9	28.7		
6-May	12:00	38	28	28	6-May	12:30	38	28.8	29.2		
7-May	12:00	36	27	27	7-May	12:30	36	27	27.6		
8-May	12:00	39.2	28	28.1	8-May	12:30	39	29.8	30.5		
9-May	12:00	38.1	28	28.1	9-May	12:30	38	28.9	29.7		
10-May	12:00	39.4	28	28	10-May	12:30	39	29.8	30.6		
12-May	12:00	39.2	29	29.1	12-May	12:30	39	29.8	30.7		
13-May	12:00	38	28	28.2	13-May	12:30	38	28.7	29.5		
14-May	12:00	36	29	29	14-May	12:30	36	26.7	27.1		
16-May	12:00	37.8	28	28.1	16-May	12:30	37	27.8	28.5		
17-May	12:00	38.2	29	29.2	17-May	12:30	38	28.8	29.3		
19-May	12:00	37	26	26.1	19-May	12:30	37	27.6	28.1		
20-May	12:00	38.1	27	27	20-May	12:30	38	28.8	29.4		
21-May	12:00	39.6	29	29	21-May	12:30	39	29.9	30.6		
22-May	12:00	40.1	28	28.1	22-May	12:30	40	30.9	31.6		
1-Jun	12:00	41.2	31	31	1-Jun	12:30	41	29	30.1		
3-Jun	12:00	38.1	29	29	3-Jun	12:30	38	28.1	28.8		
4-Jun	12:00	38	28	28.1	4-Jun	12:30	38	28	28.6		
5-Jun	12:00	39.5	29	29.1	5-Jun	12:30	39	29.1	29.8		
7-Jun	12:00	39.5	27	27	7-Jun	12:30	39	29.4	30.4		
8-Jun	12:00	38.4	29	29	8-Jun	12:30	38	27	27.5		
9-Jun	12:00	38.4	28	28	9-Jun	12:30	38	27.5	29.1		
11-Jun	12:00	40.2	29	29	11-Jun	12:30	40	28.9	29.6		
13-Jun	12:00	40	29	29	13-Jun	12:30	40	29.1	29.8		
14-Jun	12:00	41	29	29	14-Jun	12:30	41	29.8	30.7		

Debido a la comprobación experimental se decidió comprar el material para la construcción de paneles solares a base de tubos de Cobre. Ya que solo se contó con un apoyo limitado, se consideró adquirir lo más importante para ver reflejado resultados del proyecto. Aunque de acuerdo a cálculos y datos experimentales, la cantidad de paneles para obtener temperaturas agradables del agua de la alberca en época invernal debe ser de 120 paneles y condicionado a cerrar la alberca o taparla con cubierta térmica para evitar el escape de calor debido al ambiente.

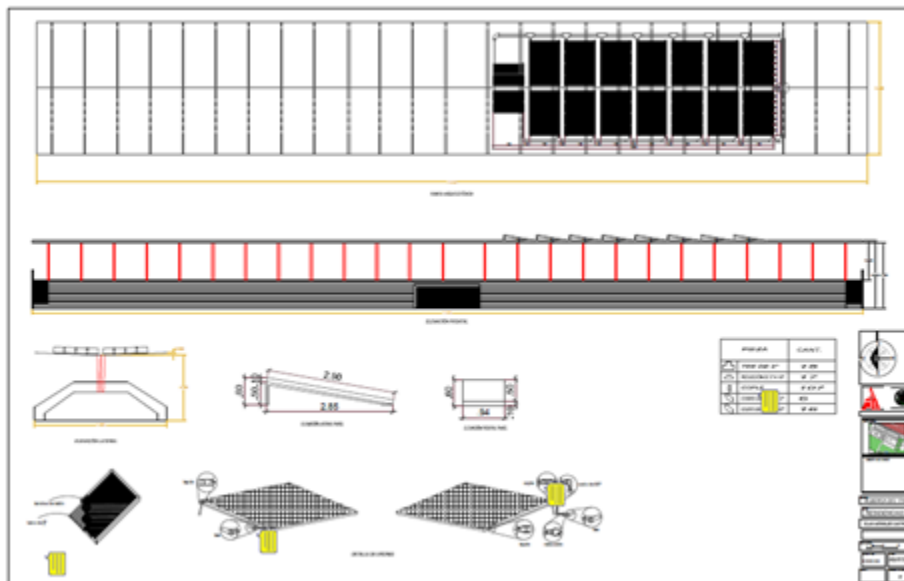
En esta fase de proyecto se implementaron 60 paneles. El sistema de control se basa en termopares con una tarjeta de adquisición de datos. Este sistema se muestra en la figura 3.

Figura 13 Lectura de temperaturas por medio se sensores de estado sólido



El diseño del sistema de colector solar se muestra en la figura 4. Los paneles se fijaron sobre la techumbre de las gradas. Los paneles deben tener en su instalación una inclinación para obtener su captación solar óptima.

Figura 13.1 Diseño del sistema colector solar sobre techumbre de gradas del ITNL



Una vez realizados los planos del diseño y construcción de los paneles sobre la techumbre, se llevó a cabo la adquisición de materiales, la construcción e instalación de los paneles. Estas actividades se muestran en la figura 5.

Figura 13.2 Proceso de implementación del colector solar



En forma paralela, se coordinó el desarrollo de la etapa de monitoreo mediante Labview. Con un diseño de sensores a base de uniones NP se implementó la etapa de sensado de temperaturas. Con una etapa de potencia, se intercaló el control de electroválvulas para permitir el flujo de agua fría y agua caliente en el sistema colector solar.

Resultados y discusión

La institución cuenta con la alberca semi-olímpica que almacena 1000000 de lt de agua aproximadamente. Esta posee un sistema de filtrado con una bomba de 10HP la que permite circular el agua por el sistema de filtros.

Los paneles colectores se instalaron en la techumbre de la alberca, se alimentan con el mismo flujo que proporciona el sistema de bombeo ya instalado. Mediante una derivación en la tubería, se desvía momentáneamente parte del flujo para vaciar el agua caliente y llenar nuevamente los colectores.

Un sistema de electroválvulas, controladas por una tarjeta de adquisición de datos de labview, abre y cierra permitiendo esta acción. Todo el proyecto fue realizado considerando la infraestructura ya existente desde la alberca ya instalada, el sistema de bombeo y techumbre fuerte para soportar el conjunto de 60 paneles solares. (Figura 7).

Cada panel de $2.9 \times .94 \text{ m}^2$, se utilizó para formar una matriz de colectores solares y así obtener un panel de $8 \times 21 \text{ m}^2$. Para ello se adquirió tubería de cobre, lamina para formar los cajones, lámina para cubrir tubería y pintura. (Figura 6)

Figura 13.3 Elementos del panel solar: Cajón, Lámina colectora, Tubos de circulación y cubierta de vidrio



La simulación del sistema fue crucial para lograr los resultados del proyecto. Se realizaron cálculos en Matlab para simular la eficiencia en paneles a base de Aluminio, Cobre y CPVC. Posteriormente se desarrolló en TranSys la simulación del sistema construido en base a los cálculos realizados en Matlab. La simulación en TranSys, nos arrojó resultados favorables con paneles a base de cobre.

Figura 13.4 Colector solar formado por 60 paneles



La aplicación de técnicas de sistemas de control en el sistema calentador, se puso en práctica ya en un sistema físico de gran magnitud y funcional. Los sistemas PID para control de apertura y cierre de válvulas que se estudian en instrumentación y sistemas de control, se pusieron en práctica en la realización de este proyecto, fortaleciendo en gran medida nuestra línea de investigación Robótica, Instrumentación y Control.

Nuevas técnicas de control se podrán experimentar en este sistema, como laboratorio de práctica para el alumnado en las materias de Control del área de Mecatrónica y Sistemas de Control del área de Electrónica.

La medición realizada con tarjeta de adquisición de datos de National Instruments permitió la captura de datos para medir temperaturas con sensores a base de diodos (unión PN) y lograr la retroalimentación necesaria para la decisión de control. Nuestro Cuerpo Académico ha logrado cimentar aun mas las bases para realizar proyectos de mayor envergadura para aplicación de sistemas de instrumentación y Control.

Después de realizar simulaciones con cálculos en Excell, Matlab y finalmente simulando el sistema en Transys, se decidió cambiar el sistema a colectores a base de tubos de cobre. La eficiencia lograda por el colector con tubos de CPVC disminuye drásticamente, lo que lo hace inservible para propósitos de funcionalidad considerando la cantidad de agua que se pretende manipular. Se incrementó el costo en los materiales pero de acuerdo a la simulación, se lograrían resultados más satisfactorios con este cambio.

En este trabajo, se logró la fabricación de 60 paneles de 1 x 3 m² a base de tubos de cobre, con una eficiencia calculada de 65% de aprovechamiento de la radiación. La tubería de cobre de 1 pulg. se perforó para insertar tubo de 1/2 pulg y soldar con soldadura estaño-plomo. Una lámina cubierta de pintura negra opaca se amarró a la tubería de cobre para posteriormente cubrirlos con un panel laminado cubierto de vidrio transparente de 3mm. Los paneles solares forman un panel solar de aproximadamente 180 m² de superficie.

La alberca de instituto tiene 25 metros de largo por 12m de ancho. Tiene una parte baja de 90 cm y en declive llega a una parte honda de 4m. La alberca tiene una capacidad aproximada de 1000 lts. Un sistema de bombeo y líneas de tubería PVC conducen al agua a través de un filtro de carbón y arena de capacidad de 500lts. La bomba de 10 Hp se calcula que es capaz de elevar el flujo de agua sobre 10 mt de altura.

Sólo son necesarios elevarla 7m para circular el agua por el colector solar. La tubería utilizada por la caldera a base de gas, se utiliza para canalizar el agua al colector solar, y mediante electroválvulas retener y descargar el flujo a periodos programados de tres a 6 horas.

El uso de la techumbre a 7m de altura nos ayuda a mantener libre de vandalismo el sistema. El sistema de bombeo nos auxilia a la circulación del agua por el sistema colector. La alberca nos permite utilizarla como tanque de almacenamiento. El sistema eléctrico y sótanos, nos permiten conectar y resguardar el sistema inteligente utilizado para sensado de temperatura y control del flujo de agua.

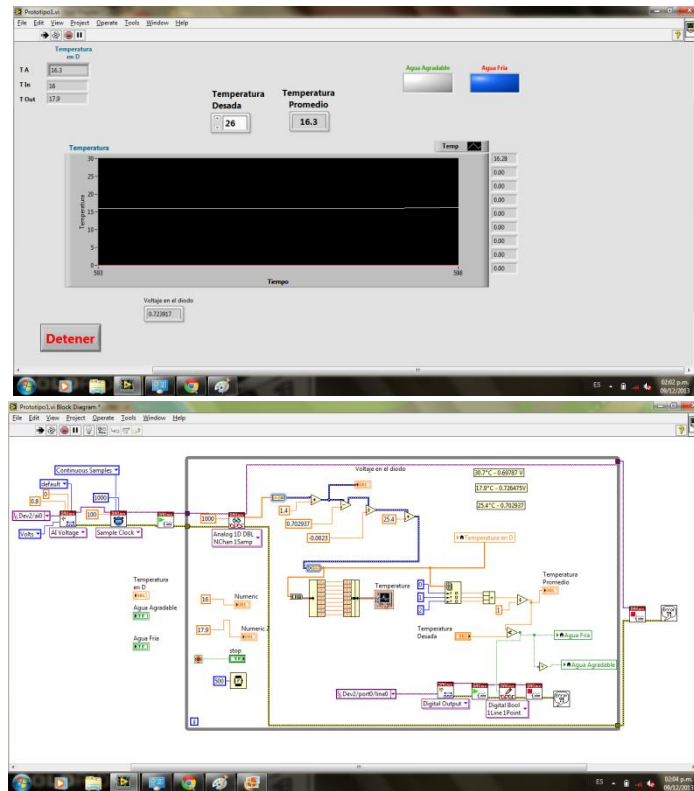
La interacción y actividades desarrolladas por cada uno de los integrantes del cuerpo académico ha ayudado a que se logren las metas y objetivos de este proyecto. Hemos logrado una mayor integración como compañeros de trabajo y hemos puesto en práctica los conceptos teóricos de control e instrumentación para la implementación de este proyecto.

Nos hemos propuesto como CA enfocarnos al desarrollo de proyectos con mayor impacto social para lograr mayor consolidación de nuestro equipo de trabajo.

Simulación de los Resultados del Sistema

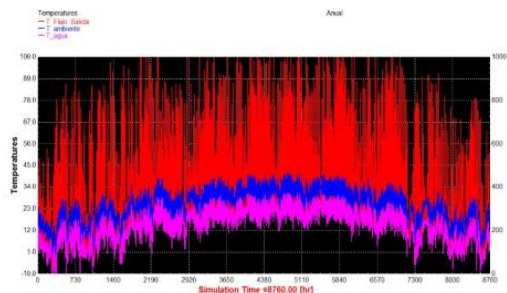
La tarjeta de adquisición de datos sensa las temperaturas del agua de alberca, temperatura ambiente y temperatura de agua de salida (Figura 8). Con tubería de PVC se alimentan los paneles. Y de igual manera se descarga el agua caliente de regreso a la alberca. La simulación de un colector de 60 paneles (aproximadamente 180 m²) en el sistema Trnsys arroja resultados positivos.

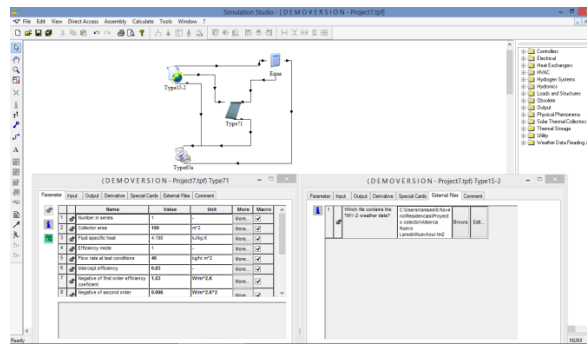
Figura 13.5 Algoritmo de control con Labview 2010



De acuerdo a la simulación del colector solar en el sistema Trnsys es notorio que un sistema colector de estas dimensiones y características de construcción, provee resultados optimistas. Esta simulación, se alimentó con los datos de temperatura ambiente en la zona de Nuevo Laredo a lo largo de todo un año. Se simula una temperatura del agua a una razón menor que la temperatura ambiente. La temperatura del agua a la salida del colector se nota en la figura 9.

Figura 13.6 Resultados de la simulación anual en TRNSYS (Simulation Studio versión 17.01.0028).





Para entrenamiento de natación de alto rendimiento, es recomendable temperatura del agua de la alberca de 26 grados centígrados. En lugares templados utilizan temperaturas hasta 28 y 30 grados. Sin embargo estas últimas temperaturas en albercas techadas causan fatiga y sofocan al nadador durante su entrenamiento. No consideramos que se llegue a obtener temperaturas del agua para usar la alberca de modo recreativo en época de frío. Sin embargo, la simulación nos permite ser optimistas y esperar una temperatura que permita entrenar a nadadores de competencia.

13.2 Conclusiones

El proyecto se desarrolló mediante el diseño del sistema colector considerando la infraestructura existente en el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo. Se simuló el sistema y se recopilaron técnicas documentadas para obtener la mayor eficiencia energética. Se planea utilizar el sistema de bombeo actual para circular el agua a través de un panel formado por tubos de cobre. Los tubos junto con la lámina de absorción se pintó negro mate para mayor absorción de energía. La tubería y placa de absorción se cubrió con vidrio para evitar fugas energéticas debido al viento. Se utilizó un sistema de medición por medio de diodos para medir temperaturas y controlar las válvulas de flujo de agua. Es un gran logro ser el primer tecnológico en iniciar una nueva etapa en el desarrollo sustentable cumpliendo con uno de los objetivos de del Sistema Tecnológicos. Se ha logrado implementar un colector solar para sustituir el uso de combustible gas LP y aprovechar la energía inagotable proporcionada por el sol. Esperemos que sirva este sistema para futura experimentación y no solo sea para uso institucional, sino como un laboratorio para las áreas de energías renovables y de experimentación solar.

13.3 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por PROMEP a través del proyecto **IDCA 10051**.

13.4 Referencias

Ortiz Simón, Aguilera Hdz. Martha, Guzmán Castillo, Santos S. Mario (2014). Reporte Final de Proyecto IDCA 10051.

Orellán Evangelista R. (2014). Simulación de calentadores solares en una alberca semi-olímpica, *Reporte de Residencias de Ing. Mecatrónica*.

Matlab, Manual de Matlab y Librerías consulta. <http://www.mathworks.com/products/matlab/index.html>, 2013-2014.

Labview, Manual de Labview y Librerías, consulta. <http://www.ni.com/downloads/ni-drivers/esa/>, 2013-2014.