



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“ESTUDIO PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL
SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y MONITOREO DE
LA CÁMARA DE CURADO DEL LABORATORIO
DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN”**

AUTOR: Héctor Moreno Riquelme.

SEMINARIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN ELECTRÓNICA

CONCEPCIÓN – CHILE

AÑO 2017



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**“ESTUDIO PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL
SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y MONITOREO DE
LA CÁMARA DE CURADO DEL LABORATORIO
DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN”**

AUTOR: Héctor Moreno Riquelme.

PROFESOR GUIA: Luis Vera Quiroga.

PROFESOR ADJUNTO 1: John Correa Toloza.

ÍNDICE

Resumen.....	6
Introducción	7
Identificación del problema.....	8
Objetivos	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
CAPITULO 1	10
INVESTIGACION DE NORMAS Y ENSAYOS DE PROBETAS DE HORMIGON	10
1.1 Tipos de molde Probetas de hormigón	11
1.2 Usos	11
1.3 Material de los moldes.....	12
1.4 Aparatos de compactación.....	12
1.4.1 Vibradores Internos	12
1.4.2 Varilla Pisón.....	12
1.5 Requisitos previos al moldeado.....	12
1.5.1 Acondicionamiento de moldes	12
1.5.2 Extracción de hormigón fresco	13
1.6 moldeado de Probetas.....	13
1.7 Enrase y alisado	13
1.8 Protección, curado, desmolde y traslado de las probetas	14
1.8.1 Protección y curado inicial de las probetas en obra	14
1.8.2 Curado de las probetas desmoldadas.....	15
1.9 Protección previa al ensayo	16
CAPITULO 2.....	17
RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS ACTUALES EN LA CAMARA DE CURADO.....	17
2.1 Cámara de curado	18
2.2 Dimensiones cámara de curado.....	18
2.3 Equipos actuales de la cámara de curado	18
2.3.1 Humidificador.....	18
2.3.2 Calefactor Eléctrico	19
2.3.3 Psicrómetro	19
2.3.4 Termómetro.....	20

2.4 Determinación del problema.....	21
2.5 Determinación de variables a controlar en la cámara	21
CAPITULO 3.....	23
INVESTIGACION DE TECNOLOGIAS ACTUALES PARA EL CONTROL DE LA CAMARA.	23
3.1 Estudio de sensores y transmisores de humedad relativa y temperatura	24
3.1.1 Transmisor de humedad y temperatura HI 8666 Hanna Instuments	24
3.1.2 Sensor transmisor de humedad y temperatura THD-W1-C Autonics.....	25
3.2 Estudio de sensores y Transmisores de nivel.....	26
3.2.1 Transmisor de nivel proporcional XM/XT – 800 Gems Sensors	26
3.2.2 Sensor eléctrico de nivel por flotador magnético LS-1700 Gems sensor.....	27
3.3 Calefactores	28
3.3.1 Calefactor Tubular Aleteado Fabrestel	29
3.3.2 Calefactor Oleoeléctrico UT – 9T 2.0KW Ursus Trotter	30
3.4 Humidificadores	31
3.4.1 Humidificador de vapor de electrodos Nortec, EL 020.....	31
3.5 Controladores	32
3.5.1 Controlador Autonics TZN4M - B4R	33
3.5.2 Controlador Lógico Programable.	34
3.5.3 Módulos de Adquisición de señales	37
CAPÍTULO 4	38
PREPARACIÓN DE PROPUESTAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS	38
4.1 Tipos de Control.....	40
4.2 Propuesta N°1 Cámara de curado	42
4.3 Propuesta N°2 Cámara de curado	45
4.4 Propuesta N°3 cámara de curado	48
CAPÍTULO 5.....	51
DISEÑO DE SOFTWARE HMI PARA LA CÁMARA DE CURADO	51
5.1 SCADA.....	52
5.1.1 Subsistemas de un sistema SCADA	52
5.2 HMI.....	53
5.2.1 Tipos de HMI	53
5.2.2 Desarrolladores de Software HMI.....	54
5.3 Microsoft Visual Studio	54

5.3.1 Versiones Visual Studio	55
5.3.2 Visual Studio 2017	56
5.4 Diseño de HMI	56
5.4.1 Variables cámara de curado.....	58
5.4.2 Ingreso Muestras.....	59
5.4.3 Registro	62
Conclusión	67
Bibliografía	69
Anexos	70

Resumen

El presente documento tiene como propósito formular una propuesta técnica y económica, que propone automatizar la cámara de curado de probetas de hormigón, ubicado en el Laboratorio de Ciencias de las Construcción de la Universidad del Bio Bio.

La cámara está diseñada para mantener una cantidad limitada de probetas a una temperatura y humedad constante, que posteriormente serán sometidas a ensayos destructivos para comprobar la calidad del hormigón. Es por esto que se trabajó en el diseño de un sistema automatizado de adquisición, control y monitoreo de las variables de proceso, a través del desarrollo de cinco capítulos, representados a continuación:

El primer capítulo describe la norma y ensayos de las probetas de hormigón en la que se detalla la extracción de probetas en la obra, los tipos de molde, moldeado de probetas, protección, curado, desmolde y traslado de las probetas a la cámara de curado.

El segundo capítulo da a conocer los equipos actuales encargados de mantener temperatura y humedad constante para el curado de las probetas.

El tercer capítulo consiste en la investigación de tecnologías para implementar en la cámara con el objetivo de establecer un control. En el que se detallan sensores, actuadores y controladores.

El cuarto capítulo se refiere a la preparación de propuestas técnicas y económicas, las que han sido presentadas con el objetivo de implementar los equipos ya existentes en conjunto de nuevos equipos.

Y finalmente, en el quinto capítulo se desarrolla el diseño de software HMI para la cámara de curado y se dan a conocer las pantallas en las que puede navegar el operador.

Introducción

La inquietud por el tratamiento que deben recibir las probetas es muy antigua. Inicialmente en 1914 la National Association of Cement User, la predecesora de la American Concrete Institute, fijó las bases de los actualmente aceptados procedimientos de ensayo de compresión y flexión. La primera versión de la norma ASTM C-31 sobre confección y curado de probetas en terreno fue publicada en 1920.

En Chile, desde 1975 se cuenta con la norma Nch 1017. Internacionalmente la norma más conocida al respecto es la ASTM C31. Esta última norma está reconocida por el código de diseño de hormigón armado, que se basa en el ACI 318 y que desarrolló la comisión de diseño estructural en hormigón armado y albañilería.

En el presente estudio uno de los aspectos con mayor relevancia es asegurar que el rango de temperatura de las probetas antes de desmoldar sea de 16° a 27°C y que se evite la pérdida de humedad del hormigón.

En el proceso de curado del hormigón, una vez obtenidas las muestras en terreno deben ser llevadas a la cámara y mantenerlas a una temperatura y humedad constante de acuerdo a una normativa, para posteriormente ser sometidas a una serie de ensayos destructivos que tienen como finalidad comprobar la calidad del hormigón.

Los equipos usados en la cámara actualmente son, un calefactor, que eleva la temperatura manteniéndola constante, además se encuentra un humidificador responsable de mantener la humedad necesaria para las muestras.

Los equipos actuales funcionan por temporización, el monitoreo de la temperatura y humedad se obtienen de forma manual realizándolo el mismo

operador. Con la tecnología se puede automatizar este proceso con el objetivo de controlar el curado de las probetas.

Identificación del problema

En el Laboratorio de Ciencias de la Construcción, de la Universidad del Bio Bio, existe hoy una cámara de curado para probetas de hormigón, las que deben permanecer a una humedad relativa y temperatura específica durante 28 días, para que al concluir este plazo sean sometidas a ensayos destructivos.

La cámara de curado consta de un calefactor eléctrico el cual está sellado con el objetivo de protegerlo del ambiente húmedo en el que está inmerso, pero aun así se considera peligroso para los operadores, porque están expuestos a sufrir una descarga eléctrica.

Otro equipo dentro de la cámara es un humidificador que necesariamente funciona con agua. En el laboratorio cuentan con un sistema que protege el humidificador a base de un estanque que lo abastece cuando existe un corte del suministro. No existe conocimiento al respecto del tiempo que permanece el equipo funcionando con el estanque de emergencia, la ausencia de agua puede destruir el equipo.

La humedad relativa que hay dentro de la cámara es medida por un psicómetro análogo lo que genera un error al operador que desea obtener el dato.

El sistema de control de la cámara de curado necesita una actualización, dado que el registro de datos lo realiza un operador de forma manual, generando un muestreo impreciso. Hoy el control es realizado mediante temporización, y el monitoreo de temperatura lo realiza el mismo operador.

Objetivos

Objetivo general

- Determinación de propuesta técnica y económica para la actualización de la cámara de curado.

Objetivos específicos

- Estudio del actual funcionamiento de la cámara de curado.
- Investigación de un nuevo sistema de control y adquisición de datos.
- Formulación de propuesta técnica y económica.

CAPÍTULO 1

INVESTIGACIÓN DE NORMAS Y ENSAYOS DE PROBETAS DE HORMIGÓN

La descripción de este capítulo se rige por la Norma NCh 1017-2009

Hormigón – Confección en obra y curado de probetas para ensayos de compresión, tracción por flexión y por hendimiento.

1.1 Tipos de molde Probetas de hormigón

- Molde cilíndrico: molde cuya forma interior es un cilindro recto abierto por su base superior.
- Molde cubico: molde cuya forma interior es un cubo abierto por una de sus caras.
- Molde Prismático: molde cuya forma interior es un prisma recto de sección cuadrada abierto por una de sus caras mayores.

1.2 Usos

Los moldes se deben usar para confeccionar las probetas destinadas a los ensayos que se indican en la tabla 1.

Molde	Probeta	Ensayo
Cilíndrico	Cilindro	Compresión y tracción por hendimiento
Cubico	Cubo	Compresión
Prismático	Prisma(Viga)	Tracción por flexión

Tabla N°1: “Uso de los moldes”

1.3 Material de los moldes

Los moldes deben ser de acero, fierro fundido u otro material resistente, no absorbente y químicamente inerte con los componentes del hormigón, y adecuados para evitar deformaciones en sus dimensiones o forma durante el armado, ajuste, confección de probetas y manipulaciones posteriores.

1.4 Aparatos de compactación

1.4.1 Vibradores Internos

Deben tener acoplamiento rígido o flexible y su frecuencia de vibración será mayor o igual que 100 s^{-1} [600 revoluciones por minuto (r/min)].

1.4.2 Varilla Pisón

Debe ser una barra cilíndrica de acero liso de 16mm de diámetro y 600mm de longitud, con sus extremos terminados en semiesferas de 16mm de diámetro. Las tolerancias dimensionadas deben ser indicadas en NCh 1019.

1.5 Requisitos previos al moldeado

1.5.1 Acondicionamiento de moldes

Las superficies de moldes que entran en contacto con el hormigón se deben untar con una película de desmoldante de aceite mineral o cualquier otro material

que prevenga la adherencia y sea químicamente inerte con los componentes del hormigón.

1.5.2 Extracción de hormigón fresco

El hormigón empleado para confeccionar las probetas moldeadas debe ser muestreado una vez que se hayan hecho todos los ajustes a la mezcla en el punto de entrega, tales como adiciones de agua y/o aditivos y se haya homogeneizado la mezcla

1.6 moldeado de Probetas

Lugar de moldeado

Debe ser un lugar tan cercano como sea posible al de almacenamiento de las probetas para recibir el curado inicial.

Se debe disponer de una base de apoyo para moldes, de modo que estos queden nivelados y protegidos de choques y vibraciones.

Personal responsable de la obra debe proporcionar y habilitar un lugar apropiado para el moldeado, la protección y el curado inicial de las probetas, manteniendo dichas condiciones y siendo responsable de las probetas hasta su retiro por parte personal del laboratorio.

1.7 Enrase y alisado

Enrasar el hormigón superficial con platacho u otro elemento apropiado, evitando la separación entre el mortero y árido grueso. Finalmente, alisar la

superficie con lana, de modo que no existan variaciones mayores que 2mm con respecto al plano formado por los bordes superiores del molde.

1.8 Protección, curado, desmolde y traslado de las probetas

1.8.1 Protección y curado inicial de las probetas en obra

Las probetas una vez moldeadas, enrasadas y alisadas deben recibir protección y el curado inicial en el mismo lugar o eventualmente pueden ser desplazadas inmediatamente, en forma cuidadosa y por el mismo personal que las ha moldeado, a un lugar cercano para ser sometidas al curado inicial, con la precaución de volver a alisar la superficie si esta ha sido alterada por el movimiento.

Durante el curado inicial de las probetas en obra se debe evitar siempre la pérdida de agua por evaporación y se debe mantener la temperatura de ellas entre 16°C y 27°C desde el momento mismo del moldeado.

Para mantener la humedad y evitar la evaporación se debe usar, entre otros, algunos de los procedimientos siguientes o una combinación de ellos:

- Inmediatamente después de ser moldeadas, enrasadas y alisadas las probetas se deben mantener dentro de un recipiente con agua tranquila saturada con cal, de forma que siempre permanezcan completamente sumergidas.
- Proteger el conjunto de probetas y moldes por todos sus lados con láminas plásticas, arena, aserrín o arpilleras constantemente húmedas, dentro de un envase o recinto adecuado hasta el momento del desmolde.
- Cualquier otro método que permita evitar la evaporación del agua de las probetas.

Para mantener las probetas en un ambiente de temperaturas especificadas en el rango de 16°C y 27°C se debe recurrir, entre otros, a algunos de los métodos siguientes o una combinación de ellos:

- Uso de techos para dar sombra
- Permitir libre circulación de aire
- Uso de hielo
- Sistema de calefactores o enfriadores controlados por termostatos
- Protecciones térmicas
- Cualquier otro sistema que permita cumplir el rango de temperaturas especificadas

1.8.2 Curado de las probetas desmoldadas

El curado de las probetas cilíndricas, cubicas y prismáticas desmoldadas se debe realizar manteniéndolas completamente sumergidas en agua saturada con cal a una temperatura de 23°C ± 2°C.

Solo para probetas cilíndricas y cubicas, se puede curaren cámara húmeda a una temperatura de 23°C ± 2°C, manteniendo una humedad relativa del aire mayor o igual que 95%, exceptuando los momentos en que las probetas se estén introduciendo o sacando de la cámara húmeda. Esta cámara de curado debe asegurar que la superficie de las caras de todas las probetas almacenadas se mantengan permanentemente con agua libre superficial, de tal forma que ellas se vean y se sientan húmedas.

1.9 Protección previa al ensayo

Las probetas para ensayar se deben mantener húmedas por cualquier método conveniente durante el periodo entre retiro desde el sistema de curado de laboratorio hasta el ensayo. Ellas serán ensayadas en condición húmeda.

Especialmente cuidadoso debe ser el proceso de mantener la saturación de humedad de las probetas prismáticas, en las cuales se debe asegurar que esto sea hasta el momento mismo de su ensayo en la prensa.

Solo para el caso de probetas cilíndricas, el tiempo desde el retiro del sistema de curado en laboratorio hasta su ensayo debe ser menor que 3h y las probetas se deben ensayar en condición húmeda.

CAPÍTULO 2

RECONOCIMIENTO DE EQUIPOS ACTUALES EN LA CÁMARA DE CURADO

2.1 Cámara de curado

Instalación de cemento de forma rectangular utilizada para el almacenamiento de las probetas de hormigón cuando éstas ya han sido extraídas de obras de construcción. La instalación cuenta con temperatura y humedad relativa controladas. Actualmente la cámara está deteriorada por el ambiente húmedo que existe dentro de ella.

2.2 Dimensiones cámara de curado

Las dimensiones de la cámara de curado son 7.25 de largo, 2.15 de ancho y 2.35 de alto. De esta manera su volumen es de aproximadamente 37 m³.

2.3 Equipos actuales de la cámara de curado

2.3.1 Humidificador

Equipo encargado de mantener la humedad necesaria para el curado de las probetas de hormigón. Su funcionamiento consiste en accionar un ventilador que realiza el proceso de transformación del agua de estado líquido en pequeñas partículas generando una nube de vapor necesaria para mantener la humedad relativa en el ambiente.



Figura N°1: “HumiDisk Carel”

2.3.2 Calefactor Eléctrico

Equipo que sirve para elevar la temperatura en base a la radiación de calor que producen las resistencias eléctricas que están dentro de él. Una vez que el humidificador termina el proceso de generar vapor, el calefactor es peligroso debido a su topología eléctrica en el ambiente húmedo donde se encuentra, es por este motivo que se encuentra sellado para protegerlo de la humedad y evitar que un operador pueda sufrir una descarga eléctrica.



Figura N°2: “Calefactor eléctrico

2.3.3 Psicrómetro

Es un tipo de higrómetro cuyo fin es proporcionar una lectura directa y aproximada de la humedad relativa a partir de las lecturas de las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco. El cálculo de la humedad relativa consiste en la diferencia de temperatura de ambas mediciones.



Figura N°3: “Termómetros que miden la temperatura de bulbo seco y húmedo”

2.3.4 Termómetro

Instrumento de medición de la temperatura. En este caso es el encargado de medir la temperatura ambiente de la cámara de curado y es de tipo análogo.



Figura N°4: “Termómetro análogo cámara de curado”

2.4 Determinación del problema

En una entrevista realizada previamente con el encargado del laboratorio de construcción de la Universidad del Bio Bio, expresó que uno de los problemas en la cámara de curado, es que no cuenta con un sistema de registro constante de las variables que deben ser controladas dentro de ella, en la actualidad el control se realiza mediante temporización, los equipos logran cumplir lo establecido por la norma Nch1017 - 2009 del curado de las probetas dentro de una cámara, manteniendo una temperatura y humedad relativa constante.

El registro de datos lo realiza un operador de forma manual, obteniéndolos de instrumentos análogos que se encuentran dentro de la cámara. Estos antecedentes obtenidos por el operador contienen errores, ya que estos instrumentos generan una lectura no precisa al operador quedando a criterio de él respaldar el porcentaje de humedad y la temperatura observada.

Otro gran problema que se encuentra en la cámara es que no hay forma de saber cuándo el estanque de emergencia tiene una ausencia de agua para proteger el humidificador, además de proteger al equipo mencionado recientemente, también se debe proteger el calefactor por el ambiente que se genera dentro de ella, para eso es importante que el equipo este sellado para así extender la vida útil.

2.5 Determinación de variables a controlar en la cámara

Las principales variables a controlar al interior de la cámara son la humedad relativa que se genera cuando funciona el humidificador creando una nube de vapor, debido a esto el calefactor que está al interior es usado para elevar la temperatura, que es la otra variable a controlar y mantenerla constante.

Inmersos en la cámara, los sensores de humedad relativa y temperatura, estarán a cargo de indicar el comportamiento de estas variables tan importantes para el curado de las probetas de hormigón que deben estar en un rango de 95% y $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para la humedad y temperatura respectivamente según lo indicado por la norma Nch 1017-2009.

Otra variable importante es el nivel del estanque de reserva de agua del humidificador en caso que exista un corte del suministro y pueda funcionar hasta el nivel mínimo de agua dentro del estanque, esta condición es una medida de protección del equipo.

También se debe controlar que la puerta de la cámara se mantenga cerrada agregando un sensor magnético que nos indique que esté abierta para evitar el intercambio de calor con el exterior y la pérdida de vapor de agua que se genera dentro, para luego tomar las acciones de control correspondientes, por ejemplo, que dejen de funcionar los equipos al interior de la cámara hasta que el operador cierre la puerta o avisar al operador mediante una alarma pero sin detener los equipos del proceso.

Cabe destacar que al sistema de control se le agregarán alarmas que avisen al operador cuando la puerta quede abierta y el estanque del humidificador esté en el nivel mínimo de agua.

CAPÍTULO 3

INVESTIGACIÓN DE TECNOLOGÍAS ACTUALES PARA EL CONTROL DE LA CÁMARA

3.1 Estudio de sensores y transmisores de humedad relativa y temperatura

Estos sensores son los encargados de obtener el valor físico en grados Celsius de la temperatura y el porcentaje de humedad relativa que se presenta en la cámara en instantes de tiempo, estos valores serán entregados por el sensor de forma eléctrica.

3.1.1 Transmisor de humedad y temperatura HI 8666 Hanna Instruments

Este transmisor de estado sólido se instala en la pared, para un monitoreo continuo de la humedad relativa y la temperatura en ambientes críticos o controlados.

Equipado con un filtro sinterizado desmontable, el sensor de HI 8666 está bien protegido para el largo plazo contra la entrada de polvo o ambientes sucios.

Sin la tapa sinterizada, el tiempo de respuesta del sensor es más rápido pero ya no está protegido contra el polvo o residuos. Con la tapa sinterizada instalada, la vida útil del sensor y el instrumento es prolongada necesitando menos mantenimiento. Esto es ideal para ciertas aplicaciones, tales como alimentos y aplicaciones industriales donde la fiabilidad en lugar de tiempo de respuesta es el objetivo principal.



Figura N° 5: “Transmisor de humedad y temperatura Hanna Instruments”

Especificaciones Técnicas:

Marca	Hanna Instruments
Modelo	HI 8666
Tensión de alimentación	12 – 24VDC
Montaje	Preparado para montar en pared
Protección	IP 65
Salida corriente	4 – 20 mA
Humedad	
Rango de medición	0%(4mA) – 100 %(20mA) H.r
Temperatura	
Rango de medición	-20°(4mA) – 60°(20mA) °C
precisión	± 1% del rango de medición

Tabla N°2: “Especificaciones técnicas Transmisor de humedad y temperatura Hanna Instruments”

3.1.2 Sensor transmisor de humedad y temperatura THD-W1-C Autonics

Estos sensores son de diseño compacto para montaje directo en pared, especiales para aplicaciones de control y monitoreo.



Figura N°6: “Sensor transmisor de humedad y temperatura Autonics”

Especificaciones Técnicas:

Alimentación	24 VDC \pm 10%
Medición	Humedad y temperatura
Rango temperatura	-19.9°C - 60°C
Rango de humedad relativa	0.0 – 99.9%
Salida	4 – 20 mA
Largo del sensor	100mm
Protección	IP65 excepto la parte sensante
Precisión	\pm 1°C (5.0°C ~ 40°C \pm 0.5°C) (30 ~ 70%HR \pm 3%HR)

Tabla N°3: “Especificaciones Técnicas sensor de humedad y temperatura Autonics”

3.2 Estudio de sensores y Transmisores de nivel

Este tipo de transmisores son los requeridos para conocer y monitorear de forma continua el nivel del estanque de agua, siendo esto utilizado como protección del humidificador, una vez que exista un corte del suministro.

3.2.1 Transmisor de nivel proporcional XM/XT – 800 Gems Sensors

Para el monitoreo continuo de nivel en estanque de líquidos, valiéndose de una señal de 4 – 20 mA que es proporcional al nivel a controlar. Su funcionamiento se basa en las variaciones de voltaje que producen unos tap switch en el interior de un tubo de acero inoxidable. Bajo la presencia de un campo magnético que posee el flotador.

Su uso es en líquidos sin partículas sólidas en suspensión, ni viscosidad muy alta que no permitan el desplazamiento del flotador por su guía.



Figura N°7: “Transmisor de nivel proporcional Gems Sensors”

Especificaciones Técnicas

Alimentación	10 a 30 VCC
Señal de salida	4 – 20 mA
Rango de temperatura	0 – 80 °C
Tipo de montaje	Vertical, parte superior del estanque
precisión	± 1/4" o 6mm

Tabla N°4: Especificaciones técnicas transmisor de nivel proporcional Gems Sensors.

3.2.2 Sensor eléctrico de nivel por flotador magnético LS-1700 Gems sensor

Características:

- Reed switch de 1 polo, simple efecto.
- Reversible: Normal abierto y Normal Cerrado
- 20 watts, 240 Volts, 0.08Amp.

- Uso en fluidos muy contaminados y en depósitos con mucha turbulencia.



Figura N°8: “Sensor eléctrico de nivel por flotador magnético Gems Sensors”

Especificaciones Técnicas:

Marca	Gems sensor
Modelo	LS -1700
Material	Flotador: Buna
	Vástago: Bronce
Presión máxima	50 Psi
Diámetro flotador	25.4mm
Rango de temperatura de operación	-17 - 82°C

Tabla N°5: “Especificaciones técnicas sensor eléctrico de nivel por flotador magnético Gems Sensors”

3.3 Calefactores

Estos equipos son necesarios para elevar la temperatura y mantenerla constante dentro de la cámara debido al proceso realizado por el humidificador, que es expulsar vapor de agua en el ambiente.

3.3.1 Calefactor Tubular Aleteado Fabrestel

Estos calefactores están diseñados para satisfacer la necesidad de una rápida transferencia de calor, actúan en convección natural y también forzada.

Pueden alcanzar una temperatura máxima de 300°C. Las aletas construidas con material inoxidable, están pensadas para resistir ambientes húmedos y salinos.



Figura N°9: “Calefactores Aleteado Fabrestel”

Especificaciones Técnicas:

Blindajes	Diámetro(mm)	Largo(cm)		Voltaje(V)		Potencia(W)	
		Mín.	Max.	Mín.	Max.	Mín.	Max.
Ac.AISI 304	8	15	410	110	600	100	5000
	10.6	15	410	110	600	100	8333
Ac.AISI 316	8	15	410	110	600	100	5000
	10.6	15	410	110	600	100	8333
Incoloy 800/840	8	15	410	110	600	100	5000
	10.6	15	410	110	600	100	8333

Tabla N°6: “Especificaciones técnicas calefactor aleteado Fabrestel”

3.3.2 Calefactor Oleoeléctrico UT – 9T 2.0KW Ursus Trotter

El calefactor oleoeléctrico posee una resistencia eléctrica blindada en su interior la cual calienta el aceite contenido en el interior del calefactor. Está dotado con un programador de 24 horas. Con un correcto uso este artefacto podrá brindarle calefacción por muchos años. Este calefactor está concebido para uso doméstico.

Características:

- Alta calidad y larga vida útil.
- Gran disipación de calor, y rápida calefacción, sin emisión de olores y muy silencioso funcionamiento.
- Posee un selector que permite ajustar tres potencias distintas.
- Está provisto de un protector térmico para evitar un poco probable sobrecalentamiento
- Dotado con un programador de 24 hrs, el cual permite que el calefactor se encienda o se apague de acuerdo al ajuste horario hecho por el usuario. 6. Modelo con ruedas multidireccionales las cuales facilitan su desplazamiento
- Modelo con ruedas multidireccionales las cuales facilitan su desplazamiento.



Figura N°10: “Calefactor oleoelectrico UT – 9K Ursus Trotter”

Especificaciones Técnicas:

Marca	Ursus Trotter
Modelo	UT-9T
Tensión de alimentación	220 V
Potencia	Baja: 750W, media:1500W, Alta:2000W
Rango de calefacción	21 m ²
Protección	Protector térmico por sobrecalentamiento

Tabla N°7: “Especificaciones técnicas Calefactor oleoeléctrico Ursus Trotter”

3.4 Humidificadores

Equipo necesario para mantener la humedad constante dentro de la cámara, se funcionamiento es generar vapor de agua a través de distintas técnicas.

3.4.1 Humidificador de vapor de electrodos Nortec, EL 020

El Nortec serie EL 020 es un sistema de humidificación simple y confiable para aplicaciones en ducto o directamente en el espacio.

Su funcionamiento es a base del calentamiento del electrodo, que garantiza la producción de vapor limpio con agua potable, sin necesidad de tratamiento de agua adicional. El material de los electrodos asegura máxima transmisión de potencia al agua para la humidificación.

Este equipo se destaca por su instalación, fuera de la cámara de curado para protegerlo del ambiente que se genera dentro, además poseer un kit accesorio para la distribución del vapor al interior de la cámara.



Figura N°11: “Humidificador EL 020”

Especificaciones Técnicas:

Marca	Nortec
Modelo	EL 020
Tensión de alimentación	208 – 600 V
Capacidad	2 – 9 Kg/hr
Numero de cilindros	1
Potencia	7.5 KW

Tabla N°8: “Especificaciones técnicas humidificador Nortec EL 020”

3.5 Controladores

Estos equipos son los encargados de tomar las acciones de control con respecto a los valores que están entregando los sensores, en el caso particular de la cámara de curado el controlador decide si se necesita que se active el humidificador o el calefactor para mantener la humedad y la temperatura respectiva que indica la norma.

3.5.1 Controlador Autonics TZN4M - B4R

Los controladores de procesos PID Autonics, permiten gran versatilidad en operaciones de control. Esto se debe a la gran variedad de sensores que acepta, termocuplas, PT-100 y entrada de corriente de 4-20 mA. Puede controlar múltiples procesos, ya sea en temperatura como también la utilización de transmisores que generen señal de salida en corriente de 4-20 mA.



Figura N°12: “Controlador TZ4M – B4R”

Especificaciones Técnicas:

Marca		Autonics
Modelo		TZ4M – B4R
Tensión de Alimentación		100 – 240 VAC 50/60 Hz
Tipo de entrada	RTD	DPt 100Ω, JPt100Ω
	Termocupla	K, J, R, E, T, S, N, W
	Análoga	1 – 5 VDC, 0 – 10 VDC, 4 – 20 mA
Salida de Control	Relé	250 VAC 3A
	SSR	12 VDC ± 3V 30mA Max
	Corriente	4 – 20 mA (Carga 600Ω Max)
Tipo de Control		ON/OFF, P, PI, PD, PID
comunicación		RS485

Tabla N° 9: “Especificaciones Técnicas Controlador TZ4M – B4R”

3.5.2 Controlador Lógico Programable

Más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), utilizado en la industria para automatizar procesos.

La función básica y primordial del PLC ha evolucionado con los años para incluir el control del relé secuencial, control de movimiento, control de procesos, sistemas de control distribuido y comunicación por red.

Una característica del PLC es que está diseñado para múltiples señales de entrada y salida, inmunidad al ruido eléctrico, resistencia a la vibración y al impacto.

Ventajas del PLC:

- Indudablemente la primera ventaja es la reducción del costo de mano de obra, pues al automatizar las tareas, el ser humano comienza a volverse un elemento prescindible.
- Su instalación es bastante sencilla, además de ocupar poco espacio y la posibilidad de manejar múltiples equipos de manera simultánea gracias a la automatización.
- Hay un mejor monitoreo de los procesos, lo que hace que la detección de fallos se realice rápidamente.
- Se ahorran costos adicionales como los de operación, mantenimiento e incluso energía.

PLC FBS – 20 MA FATEK

La serie FBS de PLC FATEK representa una alta funcionalidad, confiabilidad e incorpora un sistema de Chip, las siguientes características:

- Más de 120.000 compuertas que integran grandes capacidades como la unidad central de procesamiento(CPU)

- 2 sets de contadores de diferentes capacidades (16 y 32 bits)
- 4 sets de temporizadores de distintas resoluciones (0,01 a 1s)
- Cuenta con puertos de alta velocidad para comunicación.
- Hardware Logic Solver (HLS) para la operación aritmética.
- Una capacidad de memoria de programa de 20K Words.



Figura N°13: “PLC FATEK FBS-20MA”

Especificaciones Técnicas:

Entradas	12 en total de 24 VDC	2 a 100 KHz	Compatible con sensores NPN y PNP
		4 a 20 KHz	
		6 a 5 KHz	
Salida	8 en total	Solo Relé	
Comunicación	1 puerto Mini-Din RS-232		
Expansión	Mediante tarjeta y módulo de expansión		
Alimentación	12 VDC	24 VDC	110 a 220VAC
Dimensiones	Alto x Ancho x Largo: 9 cm x 9cm x 8cm		
Protección	IP 20		
Posibles modificaciones	Cambio de fuente de alimentación 12 o 24 VDC (Por defecto es de 110 a 220 VAC) Cambio de salida Relé a transistorizada (Por defecto es de Relé)		

Tabla N°10: “Especificación Técnicas PLC FBS-20MA FATEK”

Tarjeta de expansión FATEK - FBS – B2A1D

FATEK permite la expansión de comunicación, con el objetivo de interactuar con otros elementos, permite utilizar el puerto para expansión de entradas y salidas análogas en todos sus modelos.



Figura N°14: “Tarjeta de expansión FATEK FBS – B2A1D”

Especificaciones Técnicas:

Clasificación del elemento	Tarjeta de expansión
PLC's compatibles	Solamente series FBS
Expansión	2 Entradas Analógicas 1 Salida Analógica
Entradas y salidas compatibles	0 – 10 Vdc 0 – 20 mA
Tipo de conexión	Screw terminal (extraíble de la tarjeta)
Puertos utilizados	Puerto 1 y 2
Alimentación Externa	Ninguna, esto no aplica a las señales(elemento pasivo)
Dimensiones	Alto x Ancho x Largo: 4,6cm x 4,9 cm x 1,8 cm
Indicaciones	Ninguna
Sujeción	Pernos en el puerto 1 y 2 del PLC (incluido en tarjeta)

Tabla N°11: “Especificaciones Técnicas Tarjeta expansión FBS – B2A1D”

3.5.3 Módulos de Adquisición de señales

Los módulos de adquisición de señales son necesarios para adoptar variables físicas y digitalizarlas de manera útil para procesados en computadores o PLC.

Modulo ADAM 4051 – BE

El ADAM – 4051 - BE es un módulo entradas digitales de 16 canales proporciona rangos de entrada programables en todos los canales.



Figura N°15: “Modulo ADAM 4051 – BE”

Especificaciones Técnicas:

Marca	Adam
Modelo	4051 - BE
Tensión de Alimentación	10 – 30 VDC
Entradas Digitales	
Canales	16
Entrada de voltaje	Nivel Lógico 0: 3VDC max. Nivel Lógico 1: 10 – 50 VDC max.
Interface	RS – 485
Protocolo comunicación	Modbus/RTU

Tabla N°12:” Especificaciones Técnicas Modulo ADAM 4051 - BE”

CAPÍTULO 4

PREPARACIÓN DE PROPUESTAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS

Este capítulo presenta tres propuestas para automatizar la cámara de curado de las probetas de hormigón, estas propuestas constarán con diagramas para explicar de mejor forma la propuesta de control, dejando claro las razones por las que se quiere implementar cada una de las propuestas creadas.

Para cada una de las propuestas, se realizará una cotización correspondiente con los dispositivos a utilizar para la implementación y puesta en marcha de la actualización de la cámara.

En los capítulos anteriores se describió el actual estado de la cámara de curado especificando los dispositivos que se encuentran dentro de ella, de los que algunos seguirán siendo útiles para la actualización del sistema de control, mientras que otros dejarán de ser utilizados para ser reemplazados por dispositivos nuevos.

Las condiciones que se presentan para realizar las propuestas son las siguientes:

- La adquisición de datos obtenidos por los sensores instalados en la cámara de curado debe ser de forma automática y no realizada por el operado de forma manual.
- Cuando exista un corte del suministro de agua, el nivel del estanque de emergencia del humidificador no debe pasar el nivel mínimo de agua.
- La puerta se debe mantener cerrada para que el ambiente creado dentro de la cámara no sea alterado por la temperatura ambiente y no exista la pérdida de vapor de agua generado por el humidificador.

4.1 Tipos de Control

El control automático está basado principalmente en la realimentación. El concepto mencionado anteriormente es una estructura de control en la que el controlador se puede representar como un operador, que en función de las salidas reales y deseadas proporcione acciones de control para el sistema.

Las aplicaciones de la realimentación han tenido éxito en temas de control, comunicación e instrumentación.

El control automático es importante para los procesos industriales. Los tipos de control más empleados para estos procesos son:

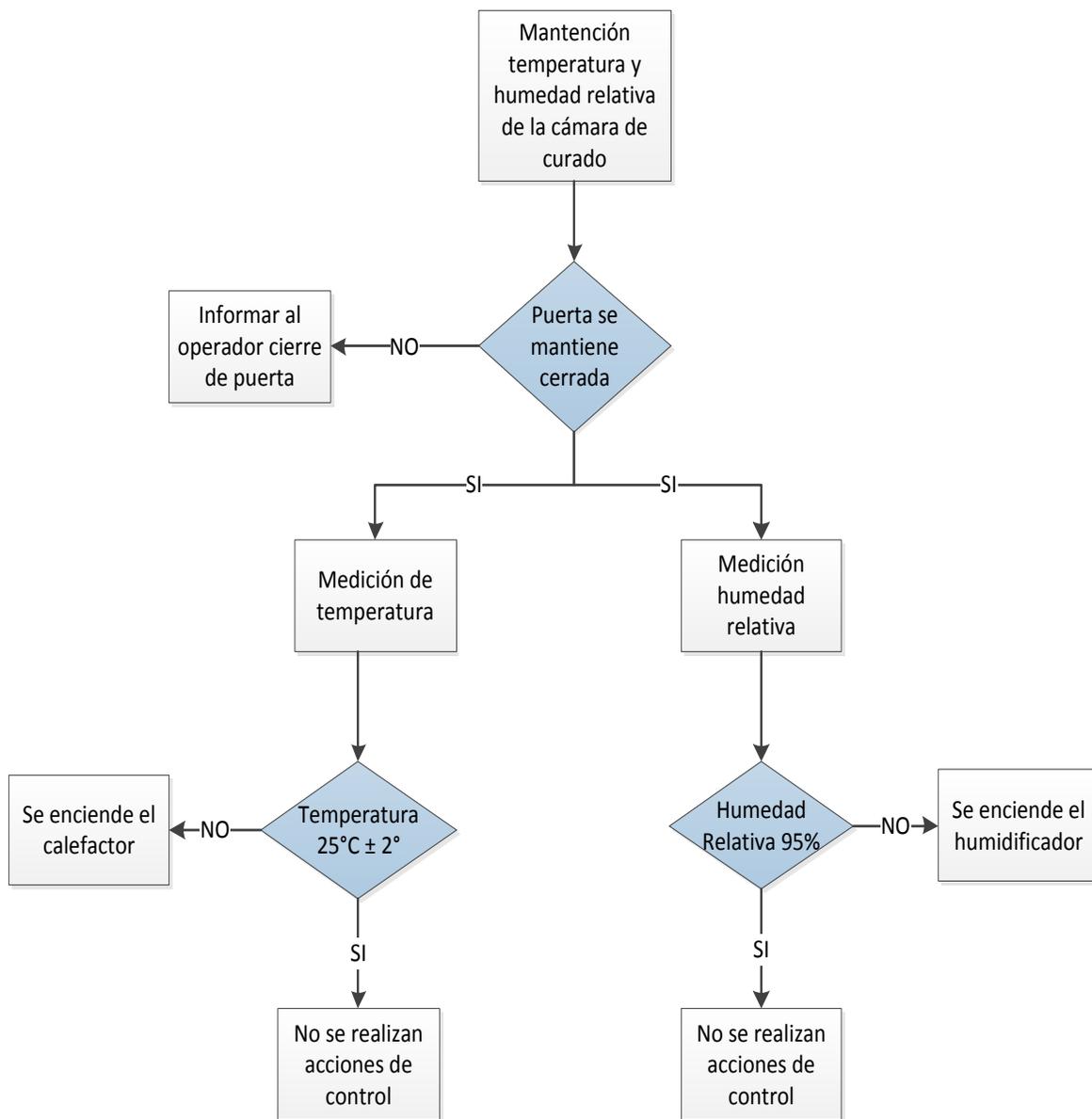
- Control P
- Control PD
- Control PI
- Control PID

Existen muchos tipos de control basados en estos principios, el control proporcional, derivativo e integral, siendo uno de los más implementados en la industria de procesos. Este tipo de control consiste en la suma de los tres términos: término proporcional, término derivativo y término integral.

Otro tipo de control es el predictivo que trabaja con un criterio de optimización, el que está relacionado con el comportamiento futuro del sistema.

Este control se está utilizando en la industria como opción para controlar procesos con múltiples entradas y salidas.

Diagrama de flujo Cámara de curado:



Esquema N° 1 “diagrama de flujo cámara de curado”

4.2 Propuesta N°1 Cámara de curado

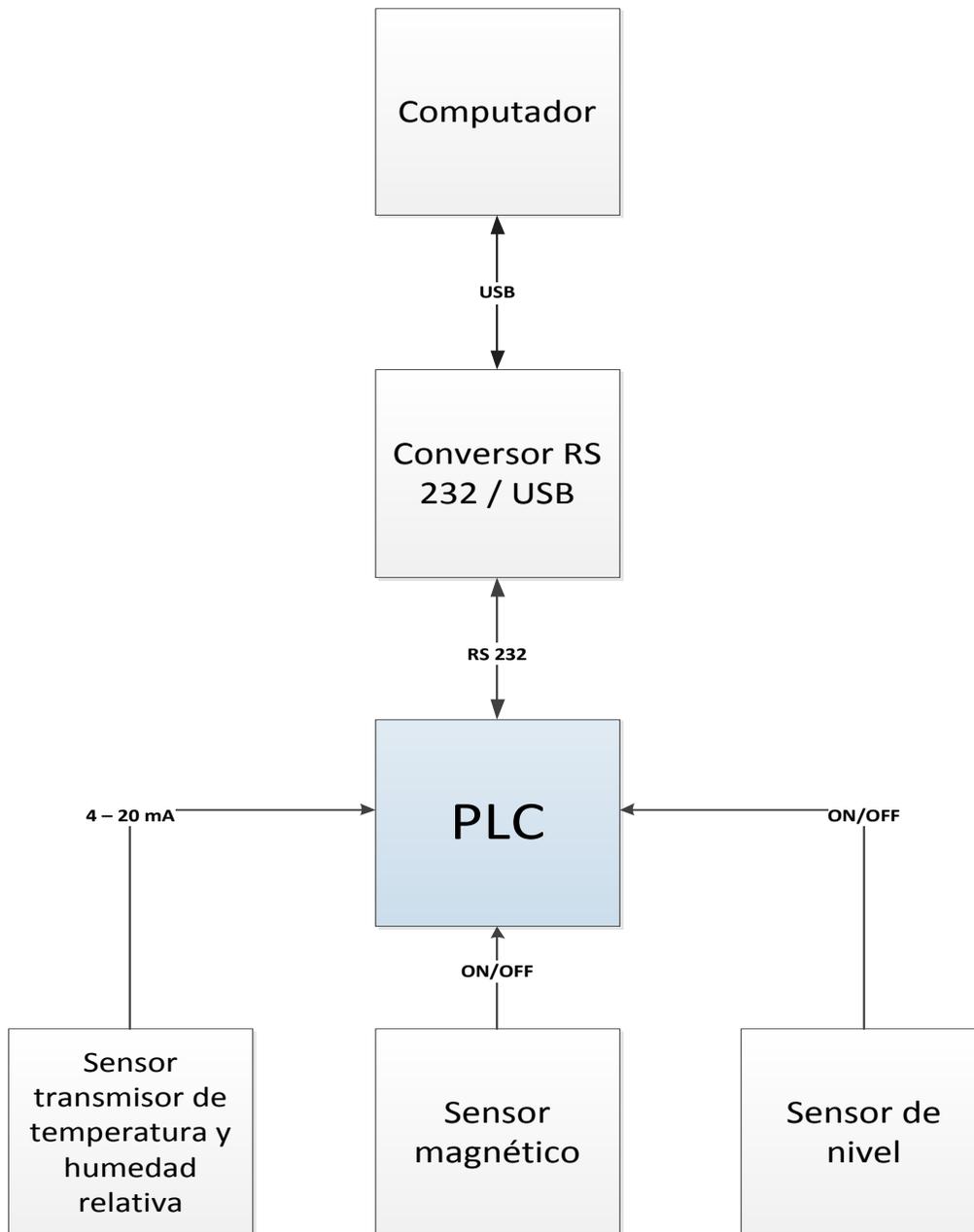


Diagrama Propuesta N°1

El diagrama anterior muestra la primera propuesta de la cámara de curado en la que el control es realizado por un PLC marca FATEK, la elección de este equipo es porque permite la comunicación con Visual Studio, es de software gratuito y no necesita un programa extra como un OPC Server.

Esta propuesta usa el FBS- 20MA, que debe poseer tarjetas de entradas análogas para obtener las variables entregadas por los sensores, que son de temperatura, humedad relativa, magnético y sensor de nivel.

La comunicación será de tipo Modbus RTU basado en una arquitectura de maestro/esclavo. Este protocolo permite conectar los equipos de campo, como sensores, actuadores y controlador.

El sistema de control que se propone debe establecer un equilibrio entre la humedad relativa y la temperatura que se encuentra presente dentro de la cámara, estas variables deben mantener el valor indicado en la norma. El controlador será el encargado de que ellas no sufran oscilaciones abruptas y se mantengan constantes.

En base a lo anterior se procederá a seleccionar el tipo de control más adecuado y que garantice una estabilidad en las variables de proceso. El tipo de control seleccionado es de tipo Proporcional, esta acción es de efecto instantáneo, alcanzando los valores esperados para un buen curado de las probetas, pero este tipo presenta una desviación permanente (error) entre el SP y PV.

Para establecer comunicación entre el computador y el controlador lógico programable es necesario un cable de programación de minidin RS 232 a USB.

Esta propuesta cuenta con un controlador industrial y robusto con el fin de certificar que el hormigón obtuvo un curado correcto y obtener buenos resultados al momento de realizar los ensayos destructivos.

El presupuesto de la propuesta N°1 se detalla a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNIT.	TOTAL(\$)
1	PLC FBS-20mA 12 INPUT/8OUTPUT 100-24VAC_RELE_24VDC INPUT	162.716	162.716
1	FBS-B2A1D TARJETA 2 ENTRADAS + 1 SALIDA ANALOGA (0 -10 VDC Y 4 -20mA)	64.059	64.059
1	HUMIDIFICADOR NORTEC EL 202	2.994.740	2.994.700
1	KIT ACCESORIO DISTRIBUCION DE VAPOR	798.587	798.587
3	CALEFACTOR ALETEADO FABRESTEL	59.000	177.000
1	SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD SALIDA ANALOGA (4 A 20 mA)	185.856	185.856
1	CONTROL DE NIVEL FLOTADOR BRONCE-BUNA VERTICAL(ON/OFF)	47.100	47.100
1	SENSOR MAGNETICO SALIDA DIGITAL (VOLTAJE SALIDA SEGÚN CIRCUITO)	5.000	5.000
1	CABLE DE PROGRAMACION FATEK USB A MINIDIN RS - 232	22.254	22.254
		Total	4.457.272

Tabla N°13: “Presupuesto propuesta N° 1”

4.3 Propuesta N°2 Cámara de curado

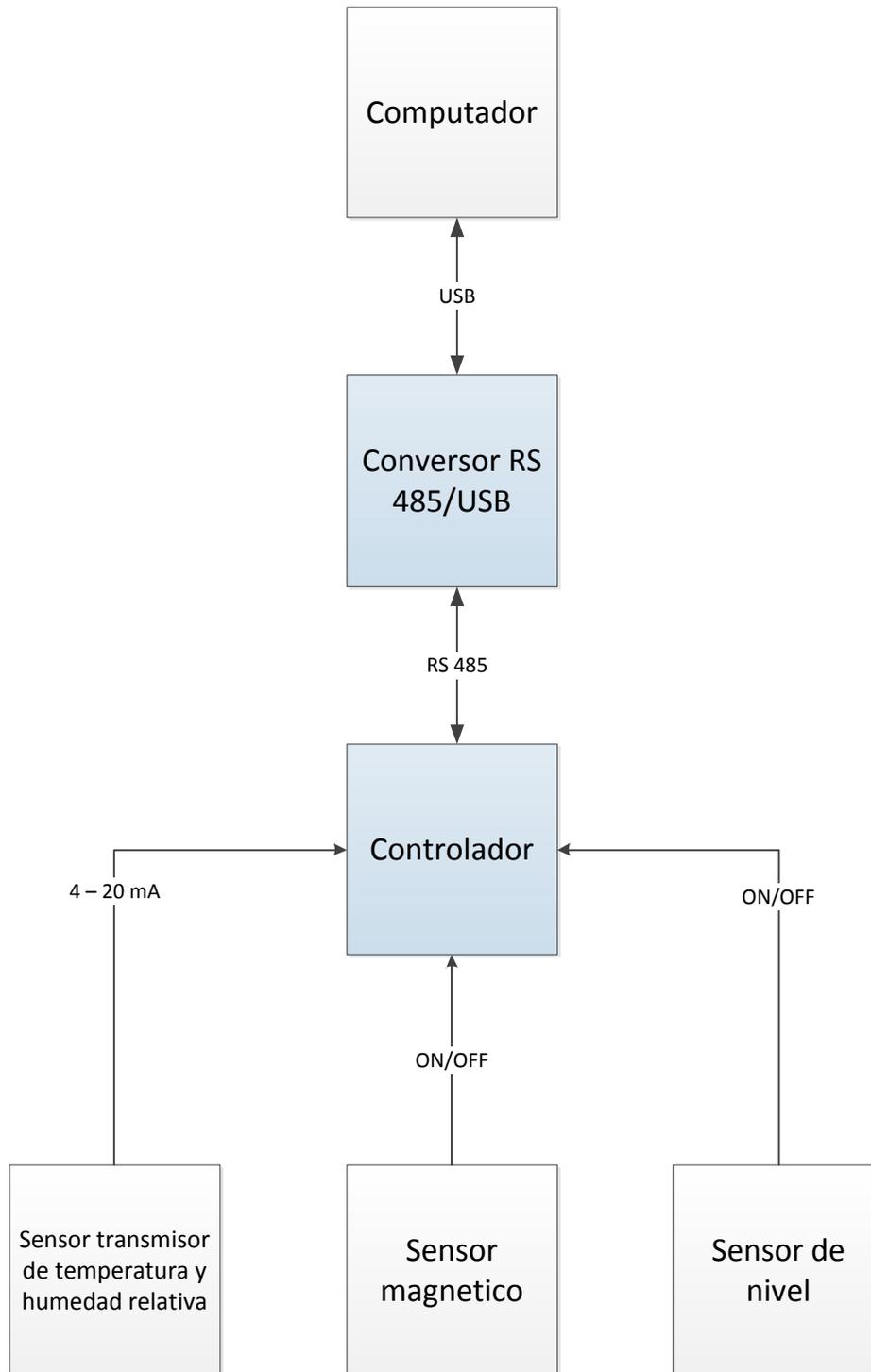


Diagrama propuesta N°2

El diagrama anterior muestra la segunda propuesta de la cámara de curado en el cual el control es realizado por un PLC.

Se propone desarrollar un software HMI creado en Visual Studio, conectado a un PLC FATEK, con módulos de entradas analógicas.

Esta propuesta es parecida a la anterior, con el mismo tipo de comunicación y control. En donde se reutiliza el humidificador, que se encuentra actualmente al interior de la cámara de curado. Otro equipo que puede ser usado es el calefactor, pero no es la mejor opción para permanecer dentro de la cámara, debido a su topología eléctrica. Es por esto que se recomienda el uso de calefactores tubulares aleteados, ideales para funcionar en medios de alta humedad.

El objetivo de esta propuesta consiste en utilizar equipos presentes en la cámara, con el fin de mantener el control dentro de ella y a su vez reducir el costo de implementación.

El diagrama de conexión al computador es el siguiente:

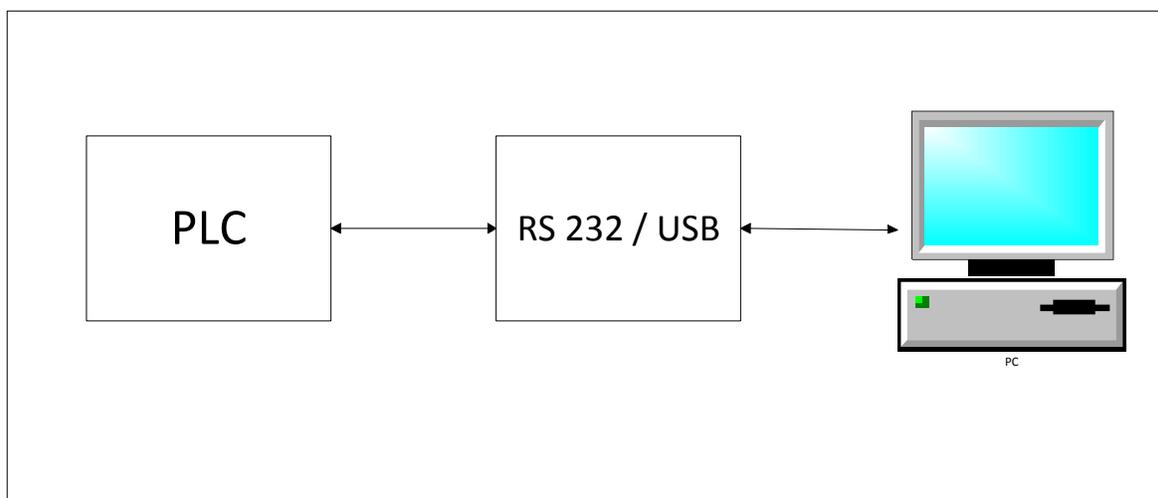


Figura N°16: “Diagrama conexión a computador”

El diagrama anterior muestra la conexión que existe entre el PLC y el computador, la estructura es la misma para las propuestas N°1 y N°2.

El presupuesto de la propuesta N°2 se detalla a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNIT.	TOTAL(\$)
1	PLC FBS-20mA 12 INPUT/8OUTPUT 100-24VAC_RELE_24VDC INPUT	162.716	162.716
1	FBS-B2A1D TARJETA 2 ENTRADAS + 1 SALIDA ANALOGA (0 -10 VDC Y 4 -20mA)	64.059	64.059
3	CALEFACTOR ALETEADO	59.000	177.000
1	SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD / SALIDA ANALOGA(4 - 20 mA)	185.856	185.856
1	CONTROL DE NIVEL FLOTADOR BRONCE-BUNA VERTICAL (ON/OFF)	47.100	47.100
1	SENSOR MAGNETICO SALIDA DIGITAL (VOLTAJE DE SALIDA SEGÚN CIRCUITO)	5.000	5.000
1	CABLE DE PROGRAMACION FATEK USB A MINIDIN RS - 232	22.254	22.254
		Total	663.958

Tabla N°14: “Presupuesto propuesta N°2”

4.4 Propuesta N°3 cámara de curado

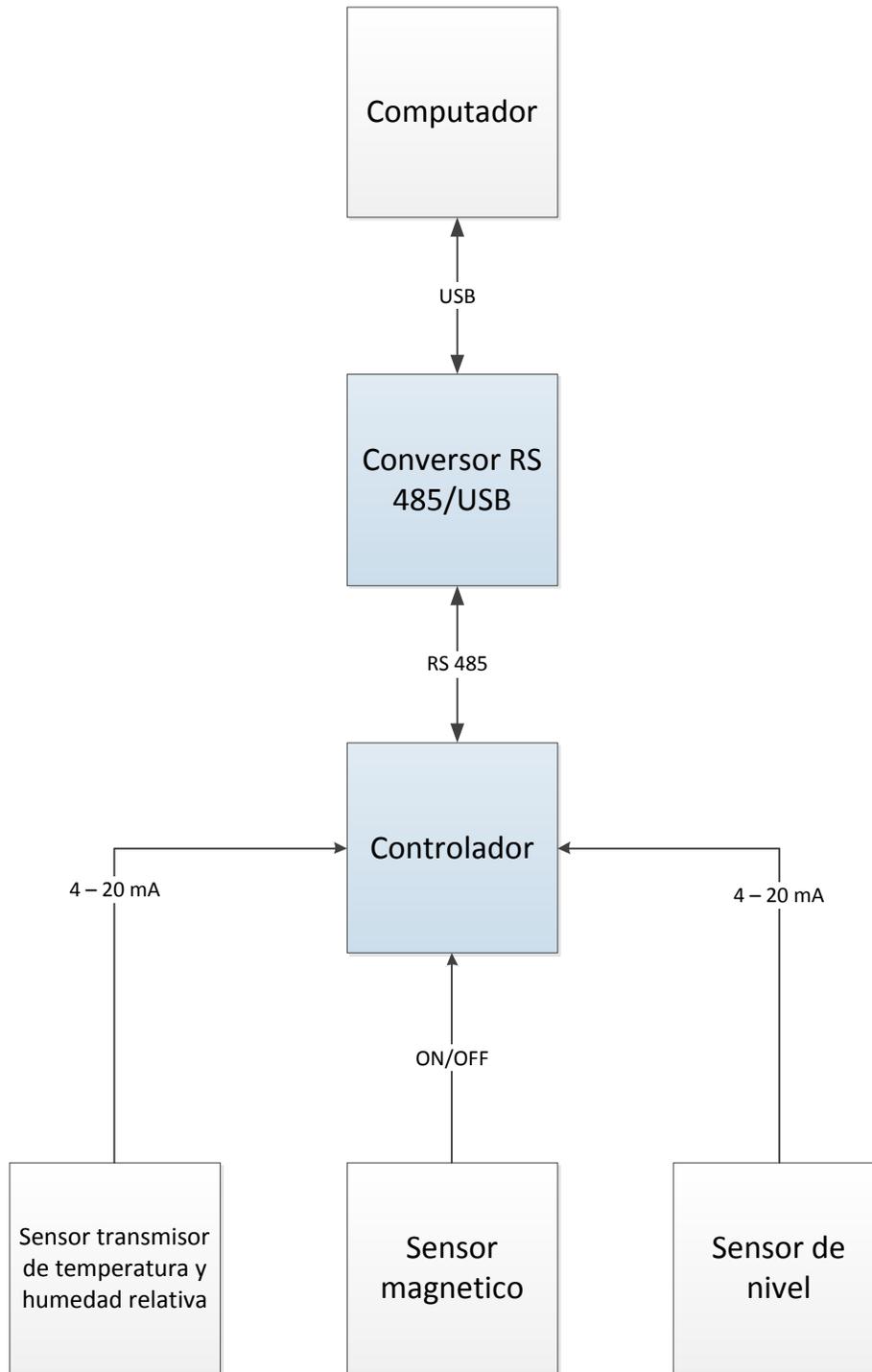


Diagrama propuesta N°3

El diagrama anterior da a conocer la propuesta N°3, la que será monitoreada por un computador.

Se proponen lazos de control independientes para la temperatura y humedad relativa, cada lazo cuenta con un controlador independiente, por la razón de disminuir los puntos de falla y no se pierda el control de la otra variable.

De manera homologa a las propuestas anteriores, se utilizara el software Visual Studio.

Al no contar con PLC, los controladores se encargan de los actuadores que están dentro de la cámara, estos son el humidificador y calefactor, equipos usados actualmente, el calefactor será usado en esta propuesta siendo esta no la mejor elección por la humedad en la que está inmerso. La elección del controlador se basa en la salida tipo relé, ideal para activar los equipos en cuestión.

Para establecer la comunicación entre el computador y controladores será de tipo Modbus RTU, estableciendo una arquitectura maestro/esclavo.

Esta propuesta cuenta con un computador supervisor. Este tipo de control no es comúnmente usado en la industria, por esta razón, no es la mejor opción para certificar y dar a conocer a proveedores los resultados de los ensayos destructivos, siendo estos los que permiten conocer las propiedades del hormigón después de permanecer en la cámara de curado durante 28 días. El laboratorio de ciencias de la construcción es el encargado de informar las características que presentan las probetas y entregar recomendaciones a los distribuidores.

El presupuesto de la propuesta N°3 se presenta a continuación:

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNIT.	TOTAL(\$)
2	CONTROLADOR AUTONICS TZN4 - B4R	100.000	200.000
1	MODULO ADQUISIDOR ADAM 4051 – BE	95.873	95.873
1	SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD SALIDA 4 - 20 mA	185.856	185.856
1	CONTROL DE NIVEL FLOTADOR BRONCE-BUNA VERTICAL DIGITAL (ON/OFF)	47.100	47.100
1	SENSOR MAGNETICO SALIDA DIGITAL (VOLTAJE SALIDA SEGÚN CIRCUITO)	5.000	5.000
		Total	533.829

Tabla N°15: “Presupuesto propuesta 3”

En las tres propuestas detalladas, el presupuesto es solo de los equipos necesarios para implementación, no se considera el valor de tablero eléctrico y equipos de fuerza.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE SOFTWARE HMI PARA LA CÁMARA DE CURADO

5.1 SCADA

Antes de introducirnos en el software HMI, se hablará de los sistemas SCADA, que en inglés es Supervisory Control And Data Acquisition (supervisión, control y adquisición de datos).

SCADA es una aplicación software de control, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla de un computador.

Proporciona información de procesos a diversos usuarios como operadores y supervisores de control, calidad, supervisión y mantenimiento.

Las funciones principales son las siguientes:

- Adquisición de datos.
- Supervisión.
- Control.
- Trasmisión de información entre dispositivos.
- Base de datos.
- Presentación grafica de los datos a través de un HMI.

5.1.1 Subsistemas de un sistema SCADA

- Interfaz Hombre – Máquina (HMI): Herramienta grafica en la que se observan los datos del proceso al operador, el que también puede realizar acciones de control en esta misma interfaz.
- Unidades Terminales Remotas (RTU): Las RTU son aquellos que se conectan a los sensores de proceso, convirtiendo las señales en datos a los sistemas de información

- Red de comunicación: Es la estructura necesaria para comunicar el sistema de supervisión con los RTUs.
- Sistema de supervisión: Sistema o computador que maneja la información y envía las ordenas al proceso.
- Controladores: Elementos de campo utilizados por su versatilidad, flexibilidad y configuración. Para el control de los actuadores.

5.2 HMI

Su significado es Human Machine Interface, es decir dispositivo o sistema que permite el la interacción entre el operador y el proceso.

Generalmente estos sistemas consisten en paneles compuestos por indicadores y comandos tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, etc.

Actualmente los HMI son bastante más poderosos y eficaces.

5.2.1 Tipos de HMI

- Las interfaces graficas de usuario aceptan la entrada a través de un dispositivo como el teclado y el mouse lo que proporciona una salida grafica en la pantalla del computador.
- Interfaces basadas en Web de usuario o interfaces de usuario web (IUF), son una subclase de interfaces graficas de usuario que aceptan una entrada y una salida mediante páginas web que se transmiten a través de internet y vistos por el usuario mediante un navegador.

- Las pantallas táctiles son dispositivos que aceptan una entrada a través del tacto de los dedos o un lápiz. Se utiliza en una amplia cantidad de dispositivos móviles.
- Las interfaces de línea de comandos, donde el usuario aporta la entrada al escribir una cadena de comandos con el teclado del computador y el sistema proporciona una salida de impresión de texto en la pantalla del computador. Utilizado por los programadores en ambientes científicos y de ingeniería como también por usuarios de computadores personales.

5.2.2 Desarrolladores de Software HMI

- National Instruments (LabView).
- Siemens (WinCC).
- GE Fanuc (IFIX / Cimplicity).
- Omron (SCS).
- Allen – Bradley (RS-View).
- Wonderware (Intouch)
- Emerson (Delta V)
- Microsoft (Visual Studio)

5.3 Microsoft Visual Studio

Este será el desarrollador de software para el diseño de nuestro HMI ya que es de uso gratuito para estudiantes universitario y es compatible con nuestro PLC y sensores de distintos fabricantes.

Microsoft Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para sistemas operativos de Windows. Tiene como virtud que soporta múltiples lenguajes de programación los cuales son: C++, C#, Visual Basic .NET, F#. Java, Python, Ruby, y PHP, al igual que entornos de desarrollo web, como ASP.NET MVC, Django, etc.

Visual Studio permite a los desarrolladores crear sitios y aplicaciones web, algunos servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET (es un framework de Microsoft que hace énfasis en la transparencia de redes, con independencia de plataforma de hardware y que permita un rápido desarrollo de aplicaciones). Dando la posibilidad de crear aplicaciones que se comuniquen entre estaciones de trabajos, páginas web, dispositivos móviles, consolas, etc.

5.3.1 Versiones Visual Studio

Desde el 2005 Microsoft ofrece gratuitamente ediciones express, que son versiones básicas separadas por lenguajes de programación o plataforma enfocadas a estudiantes y programación amateur.

Estas ediciones son iguales que el entorno de desarrollo comercial, pero sin características avanzadas de integración. Las ediciones son:

- Visual Basic Express Edition.
- Visual C# Express Edition
- Visual C++ Express Edition.
- Visual Web Developer Express Edition (para programar ASP.NET).
- Visual F# (apareció en Visual Studio 2010, es parecido al J#).
- Windows Phone 8 SDK.
- Windows Azure SDK.

5.3.2 Visual Studio 2017

Permite trabajar con los Frameworks:

- .NET Framework 2.0
- .NET Framework 3.0
- .NET Framework 3.5
- .NET Framework 4.0
- .NET Framework 4.5
- .NET Framework 4.5.1
- .NET Framework 4.5.2
- .NET Framework 4.6
- .NET Framework 4.6.1
- .NET Framework 4.7

La compatibilidad es la misma que en Visual Studio 2015, salvo que se agregan algunas funciones extra.

5.4 Diseño de HMI

El diseño de la aplicación HMI esta creado de acuerdo a las necesidades presentadas por el Laboratorio de Ciencias de la Construcción de la Universidad del Bio Bio. En conversaciones previas con el jefe de operaciones, que indico específicamente las utilidades que debía cumplir.

Debe ser una aplicación sencilla de utilizar para el operador, con el objetivo de facilitar la obtención de datos de proceso.

Para crear el HMI fue necesario el software Visual Studio 2017, utilizando Visual Basic como lenguaje de programación. Se trabaja junto con el operador que registra los datos de la cámara de curado.

Las pantallas fueron diseñadas para mantener una distribución lógica para que facilite la interacción del operador con la interfaz. La primera de las pantallas de la aplicación creada se muestra a continuación:



Figura N°17: “Inicio de Sesión HMI”

La Figura N°17 muestra el inicio de sesión de nuestra aplicación en que el operador deberá escribir su cuenta de usuario y contraseña para poder ingresar la pantalla principal haciendo click en el botón aceptar.

A continuación se muestra en la Figura N°18 la pantalla principal de la aplicación, en la que se puede elegir uno de los tres botones, para ingresar a las variables de la cámara de curado, ingreso muestras de hormigón y el ingreso al registro de datos.



Figura N° 18 “Pantalla principal HMI”

5.4.1 Variables cámara de curado

Esta pantalla está diseñada para que una vez que estén los equipos nuevos, conectados y comunicados, se pueda observar la temperatura y humedad relativa en cada instante de tiempo. La imagen siguiente muestra el valor que adquieren los sensores dentro de la cámara.



Figura N°19: “Variables cámara de curado”

5.4.2 Ingreso Muestras

El botón ingreso de muestras es para guardar los datos de las probetas que llegan al laboratorio para ser almacenadas dentro de la cámara de curado, donde posteriormente serán ensayadas, verificando las características que tiene el hormigón, realizando los diferentes tipos de ensayos destructivos.

La imagen de la pantalla de registro de ingreso de las muestras se muestra a continuación:

Ingreso Muestras

LABORATORIO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION

Datos del Cliente

N° de muestra

Identificación del Cliente

Dirección del Cliente

Mandante

Empresa Constructora

Ubicación de la Obra

Profesional Responsable Obra

Solicitador Por

Antecedentes de Muestreo

Fecha de Muestreo Hora

Tipo de Muestra Lugar de extracción

Forma de Compactación Curado Inicial

Tipo de Probeta Volumen de Hormigón Representado

Cantidad de Probetas

Muestreo Realizado por

Hora Llegada Laboratorio a Obra Hora Retiro Laboratorio de Obra

Figura N°20: “Ingreso Probetas”

La pantalla muestra los datos que deben ser completados por el operador una vez que llegan las probetas, al apretar el botón “registrar probetas “aparecerá un botón de alerta como el que se muestra a continuación:

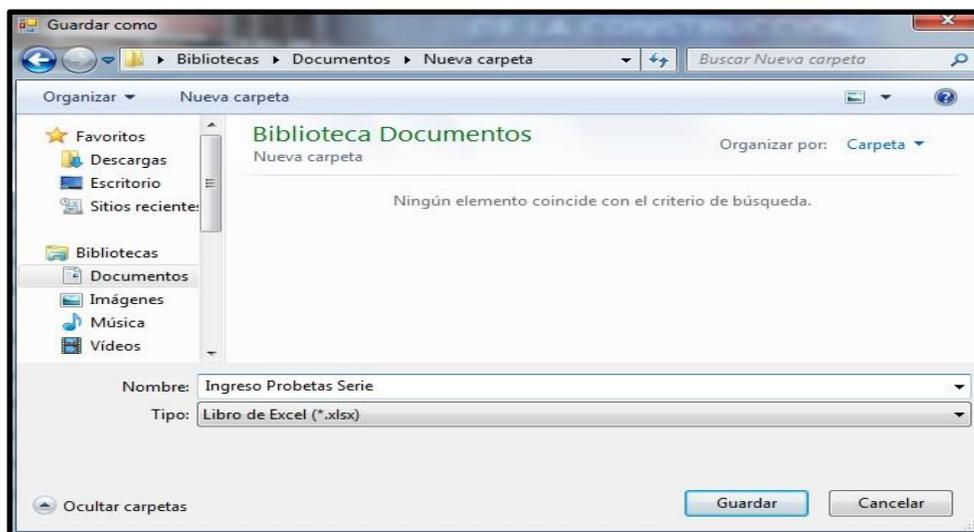


Figura N° 21: “Alerta para guardar archivo”

Al momento de presionar registrar probetas el programa guarda el número de serie de ellas en una base de datos, esto ayuda a que en caso que se corte la luz el programa no pierda el registro de probetas que llegan al laboratorio.

La base de datos se muestra a continuación:

dbo.Muestras [Datos]					
Id	Fecha	Notificacion2	Notificacion28	Notificacion7	
1111	22-06-2017 23:27:40	False	False	False	
2222	22-06-2017 23:27:50	False	False	False	
3333	22-06-2017 23:28:06	False	False	False	
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	*

Figura N° 22: “Base de datos de Visual Studio”

El programa está diseñado para avisar al operador que las probetas están listas para ser refrentadas a 2 días, ensayadas a 7 días y 28 días, mostrando el número de serie de la probeta en el ensayo correspondiente.

El mensaje de aviso al operador es el siguiente:

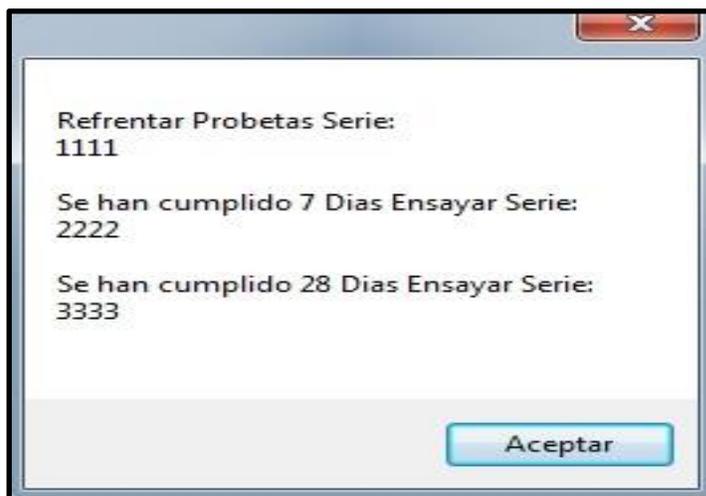


Figura N°23: “alerta de aviso de ensayos”

Al presionar guardar, todos los datos ingresados anteriormente se completan en la columna del archivo Excel.

 UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO <small>LABORATORIO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION</small>	LABORATORIO ACREDITADO NCh - ISO 17025	 SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION INN - CHILE Acreditación LE 608
CODIGO: RT - H - 001	CONTROL DE HORMIGON FRESCO Y SEGUIMIENTO DE MUESTRA	Pagina 1 de 1
N° de muestra		
Datos del Cliente		
Identificación del cliente		
Dirección de Cliente		
Mandante		
Empresa Constructora		
Ubicación de la Obra		
Profesional Responsable Obra		
Solicitado por		
Antecedentes del Muestreo		
Fecha de muestreo		
Hora		
Tipo de Muestra		
Lugar de extracción		
Forma de Compactación		
Curado Inicial		
Tipo de Probeta		
Cantidad de Probetas		
Volumen de Hormigón Representado		
Muestreo Realizado por		
Hora Llegada Laboratorio a Obra		
Hora Retiro Laboratorio a Obra		

Figura N°24: “Archivo Excel Ingreso de probetas”

5.4.3 Registro

Es el tercer botón de la pantalla principal, es el encargado de mostrar en la aplicación donde debemos registrar las variables, las mismas que se deben realizar de forma manual en la actualidad. Una vez que se implemente la actualización de la cámara de curado estos datos serán entregados por los sensores de manera automática.

The screenshot shows a web application window titled "Registro". The header includes a photograph of a building and the text "LABORATORIO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION". The main content area is a form for data entry. It starts with three date selection fields: "Mes" (a dropdown menu), "Día" (a dropdown menu), and "Año" (a text input field). Below these are six text input fields for: "T° Bulbo Húmedo", "T° Bulbo Seco", "Humedad Relativa (%)", "Control T°", "Hora Control T°", and "Nombre Laboratorista". At the bottom left is a blue "Atrás" button, and at the bottom right is a grey "Guardar" button.

Figura N°25: “Registro de datos”

La figura N°25 muestra la pantalla, en donde se elige el día del registro y al presionar el botón guardar se importan los datos correspondientes al día elegido con anterioridad.

Mensaje de alerta al apretar el botón guardar

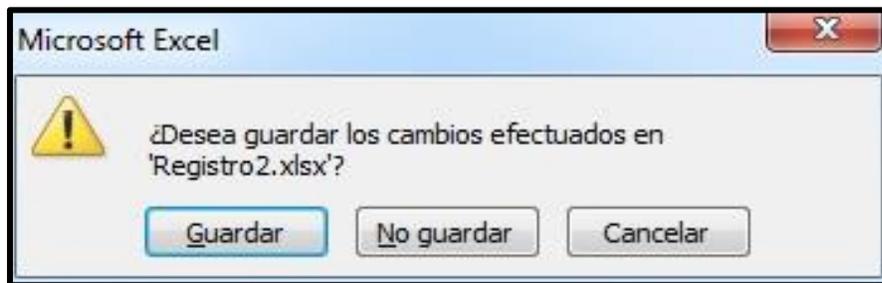


Figura N°26: "mensaje de alerta para guardar registro diario"

La pantalla es la misma hasta el día 31, el botón "guardar", cumple la función de importar los valores registrados por el operador y se guarden en un archivo Excel, el que contiene la información del mes.

Al presionar el botón guardar en la pantalla del día 31, se despliega una alerta donde se puede elegir el destino del archivo.

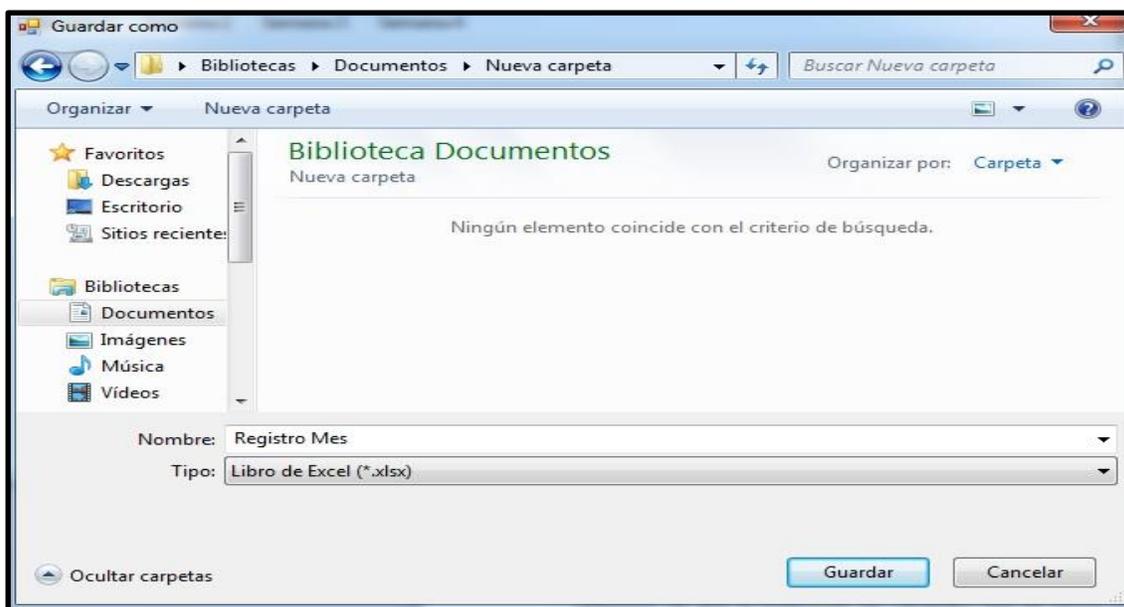


Figura N°27: "Alerta Registro de Probetas"

Al apretar guardar en la imagen de la Figura N° 27, los datos diarios ingresados por el operador se pueden visualizar en la plantilla Excel creada para mostrar todos los datos ingresados en el mes.

El siguiente archivo contiene la información del comportamiento de temperatura, bulbo seco, bulbo húmedo y la humedad relativa se muestra a continuación:

 UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO <small>LABORATORIO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION</small>		CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD			Código: RC-044-040	
Versión 2						
Página 1 de 1						
MES	Abril		Año		2017	
Día	T° Bulbo Húmedo	T° Bulbo Seco	Humedad Relativa (%)	Control De T°	Hora Control T°	Nombre Laboratorista
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

Figura N°29: “Archivo Excel de registro de variables de la cámara”

El archivo Excel anterior nos entrega los siguientes gráficos:



Figura N°29: “Grafico temperatura cámara de curado”

La imagen anterior muestra el comportamiento que tiene la temperatura dentro de la cámara en relación a los días del mes.

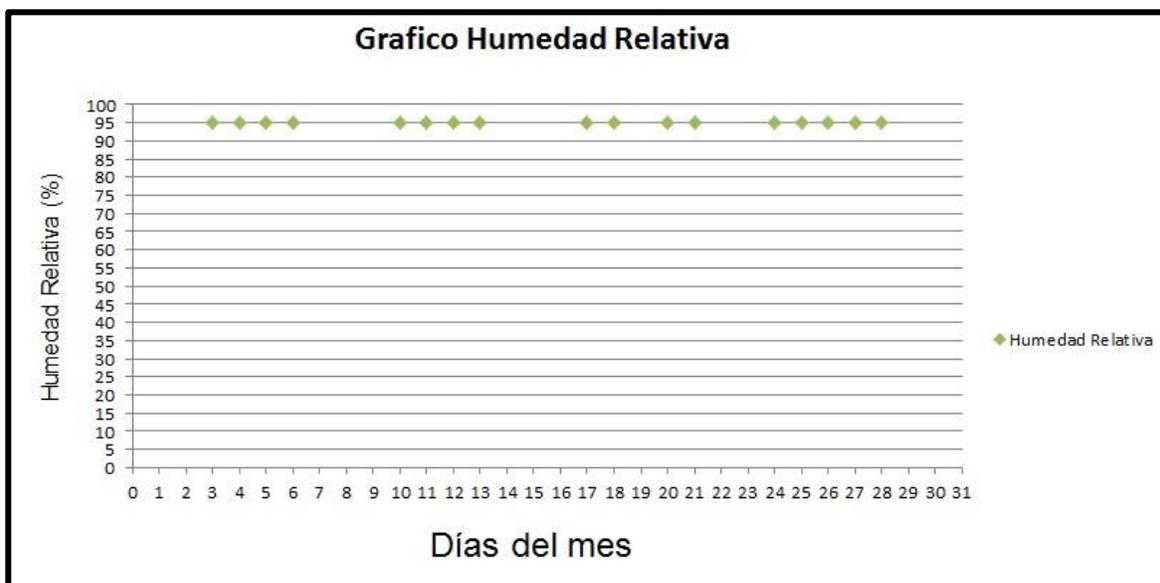


Figura N° 30: “Grafico humedad relativa”

Con respecto a la figura N°30, observamos la humedad relativa y su valor durante los 31 días del mes de Abril.

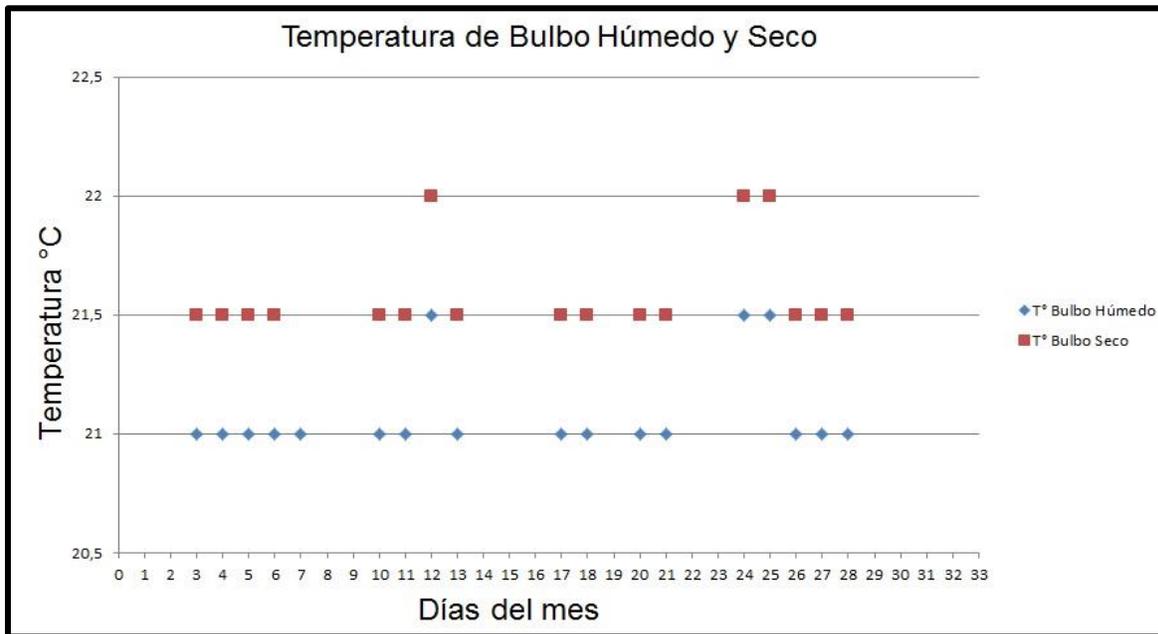


Figura N°31: “Gráfico Temperatura de Bulbo Húmedo y Seco”

Y finalmente, este gráfico entrega la información con respecto a la temperatura de los dos bulbos, para posteriormente obtener la humedad relativa que se presenta en la cámara.

Conclusión

A lo largo del presente proyecto de título, se realiza un estudio en relación a las necesidades del Laboratorio de Ciencias de la Construcción de la Universidad del Bío Bío, en el que se desarrollan tres propuestas para la actualización de la cámara de curado de las probetas de hormigón.

Las propuestas creadas son de tipo técnicas y económicas para cumplir con el requisito de que la obtención de variables sea de forma automática, controladas y monitoreadas, una vez que se implemente una de las propuestas creadas.

El registro de datos será de manera continua y automática, para observar el comportamiento de la humedad relativa y temperatura obtenida por los sensores a cada instante de tiempo, con la finalidad que el registro sea más preciso y no se adquiera de forma manual.

Con respecto al monitoreo del proceso en cuestión, se diseña una aplicación HMI, con ayuda del jefe de operaciones del laboratorio de construcción y el software Visual Studio de Microsoft. En la que se podrá observar la temperatura y humedad relativa del proceso una vez que exista la comunicación entre los equipos nuevos.

Para optimizar el registro sobre los datos de variables de proceso, se dispone de una pantalla especialmente en la que se almacenan los datos de forma manual para importarlas a un archivo Excel, a partir de esos datos se crea un gráfico que nos muestra el valor de la variable respecto al día que fue registrada.

También se crea una pantalla que entrega la posibilidad de organizar un registro de las probetas que van ingresando al laboratorio.

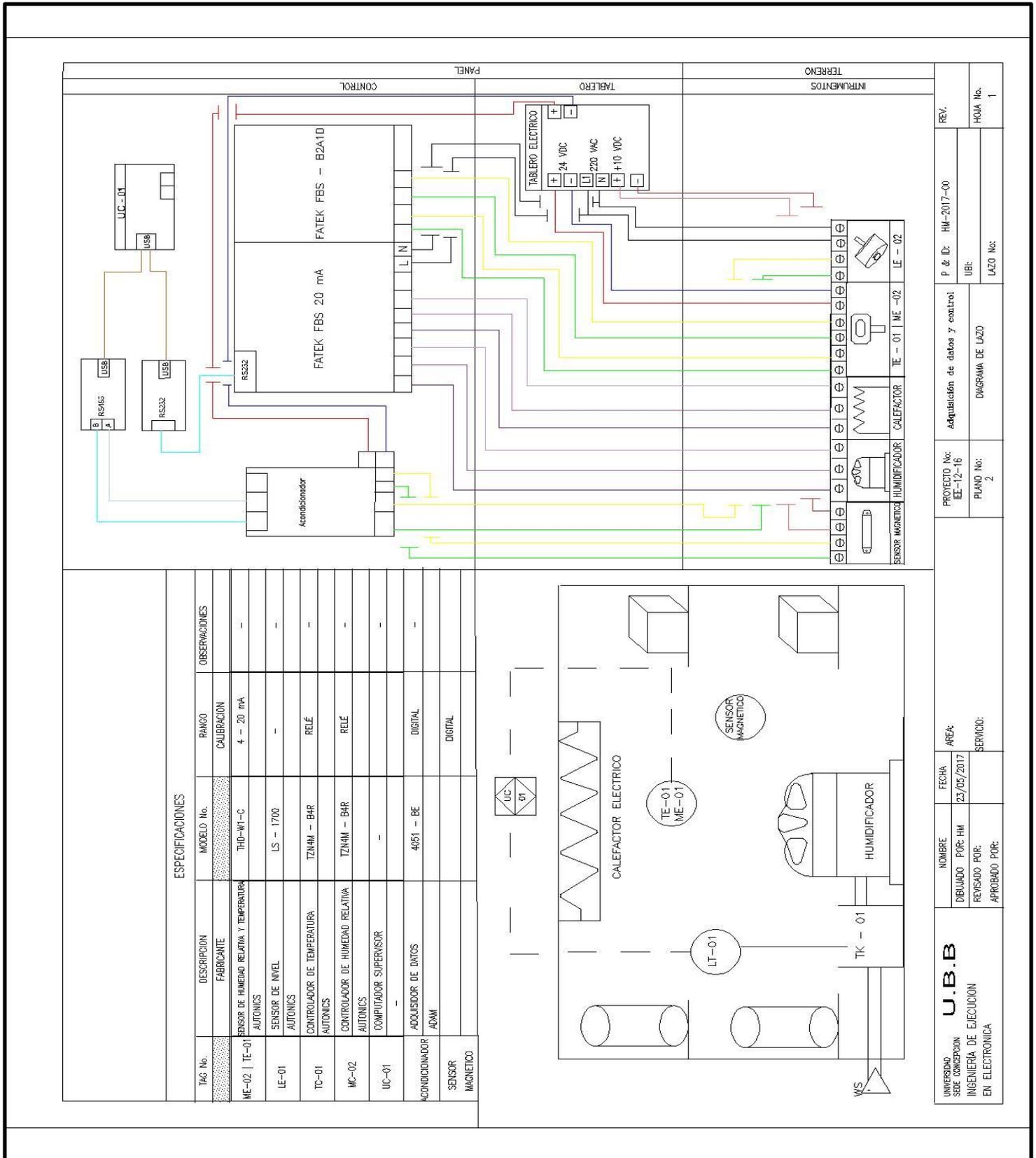
Cada propuesta tiene un presupuesto, que detalla la instrumentación y valores de los equipos industriales necesarios para implementar la cámara de curado, con el objetivo de certificar las probetas de hormigón

Se sugiere la intervención de nuevos alumnos seminaristas electrónicos en un próximo trabajo de título para que, una vez que tengan elegidos los equipos definitivos para que posteriormente se realice la implementación del proyecto y se continúe de forma detallada con el trabajo de elegir los protocolos de comunicación y la correcta conexión con el HMI diseñado, ya que no basta conectar los equipos para que estos realicen un correcto funcionamiento.

Bibliografía

- [1] Norma NCh 1017-2009 Hormigón – Confección y curado en obras de probetas para ensayos de compresión y tracción.
- [2] www.msdn.microsoft.com, “Tutoriales del lenguaje Visual Basic”
- [3] www.youtube.com, “Tutorial Visual Basic”
- [4] www.modbus.com “Protocolos de comunicación”
- [5] www.vignola.cl “Importadores de componentes de ingeniería industrial”
- [6] www.fabrestel.cl “Fabricantes de calefactores y resistencias eléctricas”
- [7] www.rheintek.cl “Equipamiento industrial”

Diagrama de lazo propuesta 1 y 2



Cotizaciones de proveedores

“VIGNOLA Automatización Industrial”

Proyectos y Componentes de Ingeniería Industrial
 Oleohidráulica, Neumática, Componentes Eléctricos, Equipos de Vacío y Presión,
 Ensayos No Destructivos, Instrumentación y Control de Procesos Industriales.



COTIZACION N° 201494

Fecha: 07/04/2017
Cliente: UNIVERSIDAD DEL BIO BIO
Rut: 60911006-6

Dirección: AV.COLLAO 1202
Ciudad: CONCEPCION

Contacto:
Fax:
E-mail:
Fono:

Válida Hasta: 07/05/2017
Forma de pago: Orden de Compra 30 Días

Número de artículo	Descripción	Digito	Cantidad	Precio	Total
1000480	CONTROL DE NIVEL FLOTADOR BRONCE-BUNA VERTICAL 1	00105400	1	\$ 47.100	\$ 47.100
1002603	TRANSMISOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD / SALIDA 4 A 20MA	01002603	1	\$ 185.867	\$ 185.867
4001636	CONTROLADOR ENTRADA MULTISENSOR SALIDA RELE TZN4S-14R	00420409	1	\$ 90.000	\$ 90.000

Importadora Técnica Vignola S.A. Rut:93.075.000-K.

Observación: Salvo venta previa

Neto	\$ 322.967
Impuesto	\$ 61.364
Total	\$ 384.331

Proyectos y Componentes de Ingeniería Industrial
 Oleohidráulica, Neumática, Componentes Eléctricos, Equipos de Vacío y Presión,
 Ensayos No Destructivos, Instrumentación y Control de Procesos Industriales.



COTIZACION N° 200398

Fecha: 22/03/2017
Cliente: UNIVERSIDAD DEL BIO BIO
Rut: 60911006-6

Dirección: AV.COLLAO 1202
Ciudad: CONCEPCION

Contacto: DEPTO. ELECTRICIDAD
Fax: 0
E-mail: 0
Fono: 261200

Válida Hasta: 22/04/2017
Forma de pago: Orden de Compra 30 Días

Número de artículo	Descripción	Digito	Cantidad	Precio	Total
ALTERNATIVA 1: LOGO! V8, PROGRAMABLE MEDIANTE CABLE ETHERNET - 2 ENTRADAS 0-10V					
1004139	LOGO! V8 230RCE, 8DI/4DO , ETHERNET, 6ED1052-1FB00-0BA8	01004139	1	\$ 107.838	\$ 107.838
1002270	LOGO! V8 DVD SOFTWARE LOGO SOFT COMFORT V8	01002270	1	\$ 34.222	\$ 34.222
	Subtotal				\$ 142.060
	Subtotal				\$ 142.060
ALTERNATIVA 2: PLC FATEK + MÓDULO - SOFTWARE GRATIS DESDE SU SITIO WEB.					
1000109	PLC FBS-20MA 12 INPUT / 8 OUTPUT 100-240VAC_RELE_24VDC INPUT	00101903	1	\$ 162.716	\$ 162.716
1000136	FBS-B2A1D TARJETA 2 ENTRADAS + 1 SALIDA ANALOG (0-10vdc Y 4-20 mA)	00101930	1	\$ 64.059	\$ 64.059
1002991	Cable de programacion FATEK USB a minidin RS-232	01002991	1	\$ 22.254	\$ 22.254
	Subtotal				\$ 249.029

Importadora Técnica Vignola S.A. Rut:93.075.000-K.

Observación: Salvo venta previa
 LOGO ENTREGA INMEDIATA
 SOFTWARE LOGO COMFORT EN 4 HORAS.
 ALTERNATIVA 2: ENTREGA EN 24 HORAS.
 SALVO VENTA PREVIA.

Neto	\$ 391.089
Impuesto	\$ 74.307
Total	\$ 465.396

RHEINTEK “Equipamiento Industrial”

Rheintek Latinoamerica

Pérez Valenzuela 1098 Oficina 76
 Providencia
 Santiago / Chile
 Fono +56 2 264 0754
 Fax +56 2 264 2439



COTIZACION

Fecha 05 de Junio 2017

COTIZACION N°: RM050617

Cliente: Laboratorio CIMUBB
 Dirección: Avda. Collao 1202, Casilla 5-C, Coquepción
 País: Chile
 Teléfono: (56-41)3111200
 Contacto: Sr Hector Moreno hectormorenoriquelme@gmail.com

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	EL RMBP 020/208/1, humidificador de vapor por electrodos, capacidad 9 kg/hr	1	4.500	4.500
2	Blower Pack, Remote 7/8" inlet	1	1.200	1.200
3	Humidistat, On/Off, Wall, Digital	1	250	250

TOTAL US\$ 5.950

Moneda: USD + IVA al tipo de cambio del día de facturación.
 Vía de transporte: Courier.
 Condición de venta: Gastos incluidos.
 Cláusula de venta: 30 días fecha de factura.
 Entrega: 15 días hábiles en sus bodegas de Santiago; una vez recibida la O/C.
 Empaque: caja.
 Validez de la oferta: 30 días.
 Detalle de Pagos: BANCO SANTANDER SANTIAGO
 CTA. N° 03-65739-6
 RHEINTEK CHILE LTDA.
 RUT: 76.228.450-2



Cotizado por: Jaime Aguayo V.