



Reporte Final de Estadía

ALDO FLAVIO ALVAREZ ROSAS

“Automatización de tacho de crudo”

Programa Educativo:

Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

Reporte que para obtener título de:

Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

Proyecto de estadía realizado en la empresa:

INGENIO CENTRAL “EL POTRERO”

Nombre del proyecto:

“Automatización de tacho de crudo”

Nombre del Asesor Industrial:

Ing. Héctor Lezama González

Nombre del Asesor Académico:

Dra. Verónica Flores Sánchez

Jefe de Carrera:

Ing. Gonzalo Malagón González.

Presenta:

Aldo Flavio Alvarez Rosas

Cuitláhuac, Ver., a 17 de Abril de 2018.

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN	2
Capitulo 1.....	3
Intrioducción.....	3
1.1Estado del Arte.....	4
1.2Planteamiento del Problema	9
1.3 Objetivos	11
1.3Definición de variables.....	12
1.5 Hipótesis.....	12
1.6 Justificación del Proyecto.....	13
1.7 Limitaciones y Alcances.....	13
1.8 La Empresa	14
1.8.1 Historia de la empresa.	15
1.8.2 Misión, visión y objetivos de la empresa.	16
1.8.3 Procesos que se realizan en la empresa.	16
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	17
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO	19
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	28
4.1 Resultados.....	28
4.2 Trabajos Futuros	30
4.3Recomendaciones.....	30



ANEXOS	32
BIBLIOGRAFÍA	35

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por brindarme esta vida tan fabulosa, que me ha permitido seguir adelante a pesar de todos los días.

A mi padre **Juan Alvarez Jarquín**, quien a pesar de que ya no se encuentre en esta vida, siento que estás conmigo para siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi madre **Lina Ma. Rosas Lara**, por su apoyo incondicional, por educarme y enseñarme que hay que valorar cada cosa que la vida nos da sin importar lo pequeño que sea.

A mis hermanos **Juan, Ingrid y Romina** por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, y siempre estado ahí procurando que no me de por vencida en mis estudios.

A mi Asesor Industrial el **Ingeniero. Héctor Lezama González**, por su amabilidad en mi estancia y enseñarme con mucha paciencia cada actividad que se desarrollaba en el sector. Y a todo el personal de Central El Potrero que son tan amables y brindaron de su apoyo para llevar una estancia confortable durante este tiempo.

A mi Asesor Académico la **Dra. Verónica Flores Sánchez** que siempre estuvo al pendiente en mi estadía y siempre aclarando mis dudas.

A mi esposa **Adriana Zarate Avendaño** que gracias a su amor, apoyo y comprensión vivió conmigo cada paso de este logro.

Y a la **Universidad Tecnológica del centro de Veracruz** por brindarme sus puertas y permitirme cursar mi carrera de Técnico Universitario E Ingeniero en Mantenimiento Industrial donde adquirí las herramientas y conocimientos necesarios para dar lo mejor de mí.

RESUMEN

En el presente reporte de estadía, se aborda la situación actual del área de tachos, así como las perspectivas de solución que permitan, de forma económica y eficiente la automatización en el Área de Tachos (tacho de crudo #2), del Ingenio Azucarero Central El Potrero S.A. de C.V. Esta propuesta surge a partir de la necesidad de mejorar el proceso de cristalización del tacho 2 de dicha área, ya que la misma tiene tiempos de paro, rechazos de calidad, la sobresaturación cae por debajo de 1.0, en este valor el medio líquido (licor madre) no está saturado (esta situación es muy común cuando se practica un control manual de la operación de tachos) algunos azúcares ya cristalizados se fundirán de nuevo alargando el tiempo de operación, consumiendo más energía de la necesaria y en resumen elevando el costo de producción.

Se propone en el presente trabajo El SEEDMASTER II que es un equipo para el cálculo de sobresaturación en línea, para realizar sus cálculos este requiere valores de concentración de licor madre, masa cocida y temperatura en tiempo real. La estructura y variables que influyen para el sistema de control del tacho (automatización), y al mismo tiempo plantear la factibilidad económica de su implementación. Por lo que el objetivo y resultado principal del proyecto consiste en su presentación a nivel supervisión, para la que se pueda tomar una decisión en tiempo y forma, si procede o se pospone a un futuro con las mínimas inversiones posibles.

CAPÍTULO 1.

Introducción

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado las formas y procedimientos para que los trabajos se realizaran de forma más ágil y que resulten menos tediosos para el propio operador. El siglo XX marcó el inicio de una etapa en el desarrollo científico técnico sin precedentes hasta el momento. En él se han logrado cambios significativos en lo referente a:

- Tecnología de los procesos productivos
- Teoría de los sistemas de control
- Técnicas de computación

El conocimiento más profundo de la estructura de las sustancias naturales de los procesos químicos y biológicos, la mayor productividad, así como la explotación de nuevas fuentes de energía, han permitido la creación de tecnologías las cuales requieren de sistemas de control más avanzados.

Gracias a la revolución tecnológica en el mundo se han logrado automatizar gran parte de los procesos industriales, trayendo consigo disímiles ventajas, como el aumento de los niveles de producción y mejoras en la calidad de los productos. Cuba no ha escapado a estos adelantos, lo cual se puede constatar en industrias y fábricas pertenecientes a las distintas ramas de nuestra economía, entre ellas los centrales azucareros.

Entre los objetivos de la modernización de la producción de azúcar se encuentran la elevación de la eficiencia industrial, la reducción en los costos de operación y mantenimiento, la elevación de la productividad de las instalaciones y la reducción en los índices de consumo de energía y materiales. Estos resultados pueden

lograrse con la automatización de los procesos productivos y gerenciales en las fábricas de azúcar y sus derivados.

1.1 Estado del Arte.

La industria azucarera, en México, data desde la fundación de la Colonia, específicamente, a partir del Gobierno de los reyes católicos, a principios del Siglo XVI, quienes apoyaron su desarrollo mediante el otorgamiento de préstamos para la siembra y el procesamiento de la caña de azúcar, que había sido traída al país por Cristóbal Colón, en su segundo viaje.

La producción azucarera se mantuvo con cierta tendencia inestable de crecimiento hasta los años 70, cuando empezó a decrecer por la reducción de la navegación española, el contrabando, la transferencia de inversiones a la ganadería, la competencia en términos de rentabilidad del jengibre, la paralización de la trata negrera, entre otros.

Para la segunda mitad del siglo XVI, España se encontraba en conflicto con las demás potencias europeas por lo que el Rey Felipe II prohibió que La Española y las demás posesiones comercializaran con extranjeros. Esta disposición dejó a La Española sin su principal mercado por lo que muchos colonos decidieron emigrar o dedicarse al hato ganadero, provocando crisis en la industria azucarera.

A principios del siglo XX, la comercialización del azúcar tenía una marcada reorientación hacia el mercado norteamericano, instalándose en el país inversionistas estadounidenses y europeos, quienes superaron en técnica y método de producción a los cubanos.

La incursión de estos capitales en el ámbito azucarero se realiza vía la intervención de la banca inglesa y alemana como fuente de financiamiento, así como de los conglomerados azucareros internacionales. En este orden, podemos señalar la West Indies Sugar Company, que se especializó en el financiamiento de cosechas y estaba vinculada a los intereses de la National Sugar Refining Company y del National City Bank.

PRODUCCIÓN DE AZÚCAR.

Caña de azúcar es el nombre común de ciertas especies de herbáceas vivaces de un género de la familia de las Gramíneas, es originaria de la India. Fue conocida en Europa en el siglo VIII, y Colón la trajo a la isla en su segundo viaje, 1493. Su nombre científico es *Saccharum officinarum*.

La caña de azúcar se cultiva mucho en países tropicales y subtropicales de todo el mundo por el azúcar que contiene en los tallos, formados por numerosos nudos. La caña alcanza entre 3 y 6 m de altura y entre 2 y 5 cm. de diámetro. En regiones tropicales, como Hawai o Cuba, el periodo de crecimiento de la caña dura entre 12 y 18 meses, y se recoge entre enero y agosto.

La azúcar es una sustancia formada por un hidrato de carbono, blanca, sólida, cristalizable, muy dulce, que se encuentra en el jugo de muchas plantas; se extrae especialmente de la caña de azúcar y de la remolacha. Su nombre científico es *Saccharosa*. La azúcar se consume en todo el mundo, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas.

En nuestro país, la azúcar es una industria que tiene fundamento agrícola: el cultivo de la caña, por lo que constituye un producto de gran significación.

Proceso de Producción del azúcar.

El azúcar puede obtenerse de la caña de azúcar, remolacha azucarera, entre otros. Para su obtención se requiere de un largo proceso, desde que la semilla de caña germina hasta que el azúcar se comercializa nacional e internacionalmente. A continuación expondremos someramente el proceso de obtención del azúcar a través de la caña.

Labores de campo, cosecha y patios de caña.

El proceso productivo inicia con la preparación del terreno, previo a la siembra de la caña. La planta madura entre los 12 y 14 meses. Se procede a cortarlas y recogerlas para llevarlas a los patios de caña, donde se determinan las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas.

Picado y molienda de la caña.

En el proceso de picado las cuchillas giradores cortan los tallos y los convierten en astillas para facilitar la extracción del jugo en los molinos.

La caña picada llega al tamden de molinos, donde mediante presión se extrae el jugo de la caña. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua para extraer al máximo la cantidad de sacarosa que contiene el material fibroso. Este proceso de extracción es llamado maceración.

Pesado de jugo y Clarificación.

El jugo diluido que se extrae de la molienda se pesa en básculas con celdas de carga para saber la cantidad de jugo sacaroso que entra en la fábrica. Este jugo contiene un pH de 5.2, el cual se trata con cal con el objetivo de elevar el pH y minimizar las posibles pérdidas de sacarosa.

La clarificación del jugo se dá por sedimentación; los sólidos no azúcares se precipitan en forma de lodo llamado cachaza y el jugo claro queda en la parte superior. Este jugo sobrante se envía a los evaporadores.

Evaporación.

El jugo claro que posee casi la misma composición del jugo crudo extraído se recibe en los evaporadores con un porcentaje de sólidos solubles entre 10 y 12% y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55 al 60%.

Cristalización.

La cristalización se realiza en tachos y el material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. Este proceso se lleva a cabo en tres templeas para lograr mayor concentración de sacarosa.

Centrifugación.

La masa pasa por las centrífugas en las cuales los cristales se separan del licor madre por medio de una masa centrífuga. La miel que sale de las centrífugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a evaporizaciones y cristalizados superiores. Al cabo de tres cristalizaciones sucesivas se obtiene una miel final que se retira del proceso y se comercializa como materia prima para la elaboración de alcoholes.

Secado y Enfriamiento.

El azúcar se transporta por elevadores en los cuales la misma se coloca en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05% para evitar la formación de terrones.

El azúcar se seca con temperatura cercana a 60° c, se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan el aire frío en contracorriente, en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40-45° c para conducir al envase.

Envase.

El azúcar seca y fría se empaca en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado, para su posterior venta y comercialización.

Tipificación del Azúcar.

El azúcar se clasifica dependiendo de los procesos aplicados a la extracción y el gusto del consumidor.

Crudo, mascabado o morena: se produce en cristales de mayor tamaño y conserva una película de melaza que envuelve cada cristal.

Blanco directo y directo especial: se producen por procesos de clarificación y su producción final se logra en una sola etapa de clarificación.

Refinamiento: se cristaliza dos veces con el fin de lograr su máxima pureza.

Azúcar de lustre: molido en polvo muy fino, que se usa en ciertos trabajos de confitería.

Azúcar blanco o refinado: el más purificado, azúcar cande o candi.

Otros Derivados de la Caña de Azúcar

Combustible: el bagazo que sale de la última unidad de molienda es utilizado para producir combustible para los molinos.

Madera y papel: con los residuos o bagazos de la caña de azúcar se puede elaborar papel y madera, con el fin de ahorrar e incentivar al reciclaje.

Fulfural: este producto también se extrae del bagazo, el cual se somete a un proceso de secado y prensado; luego se pone a fermentar tratándole con sustancias químicas. El resultado final es un producto granulado o líquido que se usa en la fabricación de plásticos.

Entre los usos químicos que tiene la caña de azúcar esta la producción de: ácidos, drogas, explosivos, medicinas, etc.

En el sector comercial, a parte de la producción del azúcar, la caña se puede utilizar para elaborar: enlatados, productos lácteos, confituras, siropes, y más.

También podríamos citar la fabricación de cera, betunes, de la melaza producción de alcohol, entre muchos otros.

1.2 Planteamiento del Problema.

Actualmente en los 4 tachos de crudo, la calidad y rendimiento de la templa recae en la experiencia de los operadores, que como ya se mencionó anteriormente, éste tiene que hacer pruebas y ajustes continuamente, lo que afecta en pocas palabras la calidad del proceso y del producto. Es por ello que se busca implementar un sistema que los ayude a optimizar dicho proceso y con ello, lograr aumentar la productividad y disminuir el consumo de energía.

La etapa más importante en la producción de azúcar es la cristalización, y es aquí donde la calidad final del producto se define. En esta fase se debe prestar especial atención para obtener un grano uniforme con la menor cantidad de recursos. De acuerdo a la investigación realizada y la información obtenida de parte de los operadores del área de tachos; en el proceso de formación del grano o cristal de azúcar se realiza dentro de un tacho al vacío el cual no es más que un intercambiador de calor donde entra la meladura y las mieles provenientes de las centrifugas para obtener los granos de azúcar, proceso que como ya se mencionó es la cristalización. La cristalización del azúcar es un proceso demorado que industrialmente se aumenta introduciendo al tacho unos granos de polvillo de azúcar finamente molido.

Por lo tanto la problemática que existe en el área de tachos es la siguiente:

- Operación manual de los tachos ya que la decisión del cocimiento de la meladura recae en la experiencia del operador y no en valores determinados que se podrían establecer con una programación en PLC's.
- Exceso de trabajo para los operadores y condiciones de trabajo inadecuadas como temperaturas por encima de los 38°C.
- Bajo volumen de producción, ya que los mismos operadores retrasan el proceso durante la apertura y el cierre de válvulas manualmente e ir de un lugar a otro.
- Baja calidad en el producto obtenido ya que el proceso se vicia cuando el operador toma decisiones de darle más tiempo de cocción, ponerle o quitarle grano de más a ciertas templeas porque así lo consideran.
- Variables del proceso no controladas adecuadamente tales como: concentración de licor madre, temperatura del licor madre en tiempo real, brix de masa cocida, volumen de descarga.

La etapa de sobresaturación es el parámetro más importante a seguir en la etapa de cristalización ya que gobierna la velocidad de crecimiento del grano y la creación de nuevos cristales. Por tal motivo, la calidad del producto está estrechamente relacionada con la sobresaturación y no solo es importante para “semillar” el lote

sino también en el proceso completo. Por ejemplo si la sobresaturación cae por debajo de 1.0, en este valor el medio líquido (licor madre) no está saturado (esta situación es muy común cuando se practica un **control manual** de la operación de tachos) algunos azúcares ya cristalizados se fundirán de nuevo ***alargando el tiempo de operación, consumiendo más energía de la necesaria y en resumen elevando el costo de producción.***

1.3 Objetivos.

Objetivo General.

Implementar un sistema de monitoreo y control que agilice el proceso de cristalización del Tacho número 2, por medio de SeedMaster II en la cual se podrá controlar las variables de la Supersaturación en tiempo real y mantenerla en los límites de seguridad reduciendo así la recirculación en fábrica y otros problemas de calidad que se pueden presentar desde una interface remota.

Objetivos Específicos:

- Seleccionar la instrumentación necesaria para el proceso de cristalización mediante el análisis de las variables que la afectan.
- Aplicar el algoritmo de operación propuesto por el fabricante mediante las variables establecidas y conocidas en la planta.
- Cotizar la instalación del sistema en base a las necesidades y objetivos del proyecto.

1.3 Definición de variables.

En el presente proyecto se identificaron las variables más significativas y que realmente impactan al proceso de sobresaturación que se desea medir:

1. % de concentración del licor madre en la templa mediante un refractómetro K-patents.
2. Medición de la temperatura (°C) en tiempo real de la templa para evitar sobrecocimiento mediante el refractómetro K-patents.
3. Tener monitoreado % del Brix de Masa Cocida para saber el contenido de cristales y poder controlar la sobresaturación de la templa.

Por lo tanto tenemos que:

La sobresaturación es una función gobernada principalmente por el % de concentración del licor madre, temperatura de la templa y el % del Brix de la masa cocida.

1.5 Hipótesis.

Demostrar la factibilidad técnica mediante la puesta en marcha de un sistema de control de parámetros llamado SEEDMASTER II, el cual es un sistema de programación PLC que permite tener un proceso de cristalización controlado mediante una interfaz de operación y monitoreo en el cual se introducen valores establecidos y analizados con anterioridad, es por ello que se expone como un sistema 100% automatizado que permite la toma de muestra durante el proceso de supersaturación etapa importante la formación de los granos de azúcar.

1.6 Justificación del Proyecto.

Con este proyecto se logrará disminuir los tiempos de cocción en el área de tachos de 65 a 40 minutos basándose en el modo de control mediante una interfaz de operación que permite al operador tener un control total de todas las variables ya mencionadas anteriormente, por tanto se espera la disminución en el consumo de agua y vapor y lograr repetitividad y uniformidad en la calidad de la templa. Todo lo anterior en beneficio económico de la empresa. Independientemente de las razones económicas, la razón por la cual se selecciona este proyecto, es que en ésta etapa de la elaboración del azúcar refinado se considera altamente compleja e importante, ya que es aquí donde “nace” el grano y prácticamente se cierra el ciclo del producto final.

1.7 Limitaciones y Alcances.

Alcances.

El alcance del presente proyecto, va dirigido hacia el área de tachos, a los operadores y supervisores de dicha área, específicamente, como se mencionó anteriormente, el proyecto va dirigido al tacho número 2, posteriormente de la automatización y mejora del mismo, de los resultados obtenidos, se replicará en los tachos restantes del ingenio azucarero Central El Potero S.A. de C.V.

Limitaciones.

- La viabilidad del proyecto por los costos del mismo.
- Tiempo de la estadía, y del tiempo disponible para la elaboración del proyecto, ya que la mayor parte del tiempo disponible fue para el trabajo diario.
- Disponibilidad de la información que ya existe en el ingenio (como planos, datos técnicos, características de la instrumentación, etc.)

- Disponibilidad del personal operativo y de los facilitadores (de confianza o sindicalizados) en brindar información, ya que estarían ocupando tiempo dentro de sus horas de labor en el proyecto.
- No contar con el equipo necesario para la realización de pruebas reales y tener que fundamentar los registros y datos solo con información teórica.
- La limitante de las políticas de la empresa, en cuanto a manejo de la información del proyecto.

1.8 La Empresa.

Descripción de los siguientes puntos:

1.8.1 Historia de la empresa.

La unidad industrial se localiza en los 18°53'05" la Latitud Norte y 96°47'15' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, más o menos de la parte central del territorio del Estado de Veracruz, a 20Km. de la Ciudad de Córdoba, con una elevación de 503.00 m. sobre el nivel del mar, ubicada en la Villa Gral. Miguel Alemán, Municipio de Atoyac, Ver.

La industria azucarera mexicana se remonta a la época de la colonia, el primer Ingenio con refinería en México fue "El Potrero", construido por la Cía. Nacional Refinadora de Azúcar entre 1905 y 1908.

El ingenio ha sido operado bajo las razones sociales siguientes: Cía. Nacional Refinadora de azúcar hasta 1909, Unidad Industrial Hacienda "El Potrero" hasta 1925, Cía. Manufacturera "El Potrero", S. A. Hasta 1944 y desde entonces como Ingenio "El Potrero", S. A. Hasta 1975 fue dirigido por su propietario el Sr. Don Erich Koenig, visionario industrial creador de las actuales instalaciones fabriles, quien en el año de 1963 realizó la ampliación a dos tándem de molienda y la remodelación total de la factoría en un lapso de tiempo récord, y además llevó esta

empresa al primer plano en la industria azucarera nacional, y la dio a conocer en el ámbito internacional.

Desde 1975 hasta noviembre de 1988, fue una empresa paraestatal presidida por el Director General de Azúcar, S.A. A partir del 28 de noviembre de 1988 la empresa Xafra, S. A. de C. V. adquirió "El Potrero". De 1993 a Septiembre de 2001 fue administrado por el Consorcio Azucarero CAZE, S. A. de C. V., del 2003 al 2017 administrado por FEESA (Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero) y actualmente pertenece al consorcio azucarero BETA SAN MIGUEL.

1.8.2 Misión, visión, valores y principios de la empresa.

- **Misión**

Satisfacer los requerimientos del endulzante y energía de las industrias alimentaria y farmacéutica con azúcar refinado "potrero", garantizando con ello la permanencia de la fuente de trabajo de los involucrados y preservando el entorno.

- **Visión**

Ser la industria azucarera líder a nivel nacional y mundial con diversificación de productos y operando con tecnologías amigables al medio ambiente.

- **Valores y principios**

- ✓ Cliente: Razón de ser y nuestro principal producto
- ✓ Competitividad: Fortalecimiento y garantía de permanencia
- ✓ Responsabilidad: Cumplir nos hace únicos
- ✓ Seguridad: Garantizar la integridad como punto principal
- ✓ Equipo: Unidad de inclusión para lograr metas
- ✓ Honestidad: Valor que enaltece y crea confianza
- ✓ Familia: Base fundamental y motivo de nuestro desarrollo

1.8.3 Procesos que se realizan en la empresa.

Proceso de fabricación del azúcar de caña. El azúcar se obtiene de la planta de caña por la reacción de fotosíntesis debiéndose separarse en el proceso de fabricación otros componentes como pueden ser la fibra, las sales minerales, ácidos orgánicos e inorgánicos y otros, obteniéndose una sacarosa de alta pureza en forma de cristal.

El azúcar es un producto básico, esencial y necesario en la dieta alimenticia y constituye la materia prima para numerosas industrias, tales como confiterías, panaderías, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.

Algunas definiciones generales de la caña de azúcar

- **Caña:** es la materia prima normalmente suministrada a la fábrica y que comprende la caña propiamente dicha, la paja, el agua y otras materias extrañas:
- **Paja:** es la materia seca, insoluble en agua, de la caña
- **Jugo Absoluto:** son todas las materias disueltas en la caña, más el agua total de la caña.
- **Bagazo:** es el residuo después de la extracción del jugo de la caña por cualquier medio, molino o presa.
- **Jugo Residual:** es la fracción de jugo que no ha podido ser extraída y que queda en el bagazo.
- **Brix:** el Brix de una solución es la concentración (expresada en g de concentrado en 100 g de solución) de una solución de sacarosa pura en agua.
- **Pol:** es la concentración expresada en g de solución en 100 g de solución. De una solución de sacarosa pura en agua.

CAPÍTULO 2.

METODOLOGÍA.

Los pasos a seguir para la automatización son: descripción del sistema, diagrama de flujo, descripción de los equipos del sistema, requerimientos del equipo, selección del autómata programable y programación del PLC.

Paso No. 1 (Descripción del sistema).

Para llevar a cabo la descripción del sistema o proceso se requiere recabar la siguiente información: procedimiento que se debe seguir en la operación (arranque, paro), dispositivos que intervienen en el proceso (sensores, transductores, motores, variadores, etc.), variables a medir, variables a controlar, variables a monitorear, rangos de operación, función de los dispositivos, entradas y salidas.

Paso No. 2 (Diagrama de flujo).

El diagrama de flujo se efectuará en base a los pasos necesarios para realizar en el proceso de cristalización. En él se podrá observar la manera en que se desarrolla dicho proceso.

Paso No. 3 (Descripción de los equipos del sistema).

Aquí se agrupan todos los dispositivos que intervienen en el proceso, se describe bien su función e identifica las entradas y salidas del sistema. Esto ayuda a conocer con mayor detalle el sistema y las funciones para los cuales fueron diseñados los dispositivos. Además sirve para conocer más a detalle el proceso y entenderlo mejor; es decir, tener una amplia visión para la siguiente etapa.

Paso No. 4 (Requerimientos del equipo).

Estos se obtienen, de las entrevistas realizadas con los operadores y jefes de mantenimiento, los cuales indican características de operación, características de los

equipos, rango de operación y en algunos casos el rango del costo de los equipos a utilizar.

Paso No. 5 (Selección del autómata programable).

Para llevar a cabo la selección del autómata se deben de realizar dos evaluaciones, una para seleccionar el tipo de autómata (equipo para la automatización) y la otra para seleccionar la marca, esto debido a las diferentes opciones que brinda el mercado actualmente.

Paso No.6 (Programación del PLC).

Configurando SeedMaster 2

Para llegar al menú Configuración, presione Menú, luego Config.

Hay 7 pestañas en Configuración: General, AI + DI, Modbus en, Teclado, Ao + Do, Rango e IO.

General Vaya a Menú-> Config, luego toque General para acceder a la configuración general. En la pestaña general en el menú de configuración puede seleccionar el instrumento activo en la primera sección. Debajo de esa conexión del refractómetro de la parte, el modo de siembra y la tercera entrada se pueden seleccionar para cada instrumento activo. La conexión entre el refractómetro y SM-2 puede ser directa a través de UDP. En este caso, los dos dispositivos tienen que estar conectado a través de Ethernet, y SeedMaster necesita saber la dirección IP del refractómetro. Al comunicarse a través de UDP, tiene que seleccione qué sensor del refractómetro desea usar (cuando se trata de un PR-23 con 2 sensores). Si la conexión no es directa a través de UDP, los datos de concentración y temperatura pueden transmitirse a SM-2 a través de señales analógicas o Modbus / TCP. La tercera entrada puede ser densidad de masa masiva o contenido de sólidos de masa sólida. Si ninguno de esos es disponible, la tercera entrada puede ser "simulada". Esto significa que el contenido de cristal frente al tiempo en 3 puntos tiene que ser definido por el usuario en Configuración-> Teclado

CAPÍTULO 3.

DESARROLLO DEL PROYECTO.

Al iniciar la estadía en el ingenio Central El Potrero, específicamente en el departamento de Instrumentación, se inició la tarea de recaudar información de las áreas de impacto donde el departamento tenía mayores planes de automatización de equipos, de esta manera se identificó que uno de los departamentos en los cuales están enfocados en automatizar completamente es el área de tachos, dado que es una de las dos áreas con mayor exigencia de calidad en mano de obra, producto y eficiencia energética.

A continuación se muestra paso a paso el desarrollo del proyecto:

Paso No. 1 (Descripción del sistema).

Los pasos a seguir en el proceso de cristalización son los siguientes:

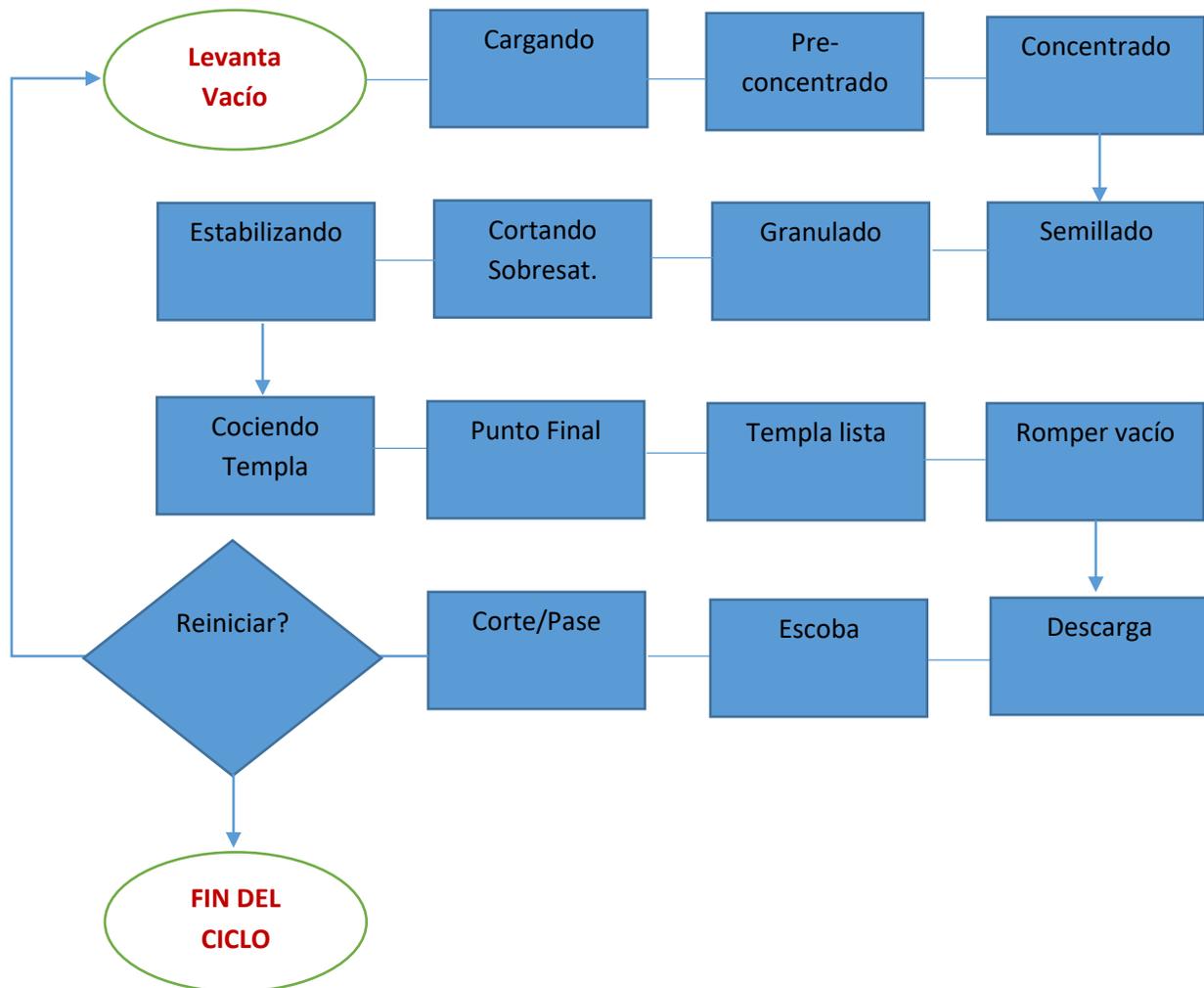
- 1.- Antes de llenar el tacho se hace el **Levantado de Vacío**, primero se abre la válvula de pie y luego se enciende la bomba de vacío correspondiente.
- 2.- **Cargando**, el tacho abre la válvula de pase y la del semillero y comienza a cargar el pie de semilla.
- 3.- **Pre-Concentrado**, al cargar la meladura o mezcla de cristalización, se abre la válvula de vapor y comienza la fase de pre-concentración hasta llegar al brix establecido para finalizar esta fase. A medida que la meladura se va concentrando pierde volumen y el nivel baja, para contrarrestar este efecto se abre nuevamente la válvula de meladura hasta regresar al valor inicial.
- 4.- **Concentrado**, en esta fase se continúa la concentración de la meladura de cristalización, sin ingresar ningún material, hasta alcanzar el brix establecido como punto de semillamiento (valores normales entre 82 y 86 °Bx según la pureza).

- 5.- **Semillando**, se abre la válvula de semilla durante el tiempo programado en la receta (2-4 seg.) y se pasa a la siguiente fase.
- 6.- **Granulando**, durante esta fase se reduce la presión de vapor al mínimo y deja transcurrir un tiempo de granulación (de 5 a 8 min.), sin alimentar ningún material.
- 7.- **Cortando Sobresaturación**, una vez que el grano se ha establecido es necesario cortar el nivel de sobresaturación (de 1.5 a 1.1) hasta el brix de disolución establecido en la receta, para esto se abre la válvula de agua de dilución y se va reduciendo paulatinamente el brix siguiendo una curva de dilución dese el valor actual hasta el brix de dilución (tiempo establecido para esta fase de 2 a 5 min.).
- 8.- **Estabilizando**, durante esta fase se mantiene la sobresaturación de la templa o semilla únicamente con agua, para evitar o eliminar el polvillo o grano fino de semilla (tiempo promedio de esta fase 15in.).
- 9.- **Cociendo la Templa**, una vez establecida la semilla, comienza a ejecutarse la fase de cocimiento a partir de un brix y nivel inicial y termina hasta que el tacho se ha llenado completamente y con un brix final establecido. Es la fase donde los cristales terminan por alcanzar su desarrollo máximo.
- 10.- **Punto Final**, al finalizar la fase de cocimiento es necesario agotar completamente el licor madre (miel) y también darle a la masa la viscosidad adecuada para el centrifugado.
- 11.- **Templa Lista**, la templa esta lista para la descarga.
- 12.- **Romper Vacío**, durante esta fase se cierra la válvula de agua de inyección al condensador, se para la bomba de vacío y se abre la válvula de atmosfera (rompe-vacío) del tacho, hasta que su presión interna se iguala a la presión exterior (atmosférica).
- 13.- **Descarga**, se abre la válvula de descarga y se espera hasta que el nivel del tacho sea cero, a partir de este instante se activa un temporizador que permite un escurrimiento adicional de la masa que está en el fondo del tacho.
14. **Escoba**, al finalizar la descarga, comienza el ciclo de limpieza con vapor (escoba), la válvula de descarga permanece abierta y la de vapor de escoba se abre durante un tiempo programado (tiempo de escoba).

15.- **Corte/Pase**, después de que la templa esta lista, se espera a que el tacho que va a recibir el corte abra la válvula de pase, el tacho que va a cortar también abre la válvula de pase y espera hasta que el tacho receptor cierre su válvula de pase. Luego de esta fase salta el tacho y levanta nuevamente vacío y va directamente a la fase de estabilización.

Paso No. 2 (Diagrama de flujo).

Diagrama de flujo del proceso de cristalización.



Paso No. 3 (Descripción de los equipos del sistema).



Fig. 3.1 vista superior del departamento de tachos



Fig. 3.2 Sonda para extraer muestras de forma manual.



Fig 3.3 Mirillas por las cuales se observa el nivel y la cocción de la meladura.



Fig. 3.4 Entrada principal de meladura controlada por una válvula de paso semiautomática.



Fig. 3.5 Entrada de vapor



Fig. 3.6 Motor y transmisión mecánica del agitador del tacho.



Fig. 3.7 Descarga de tacho controlada con válvula semiautomática.

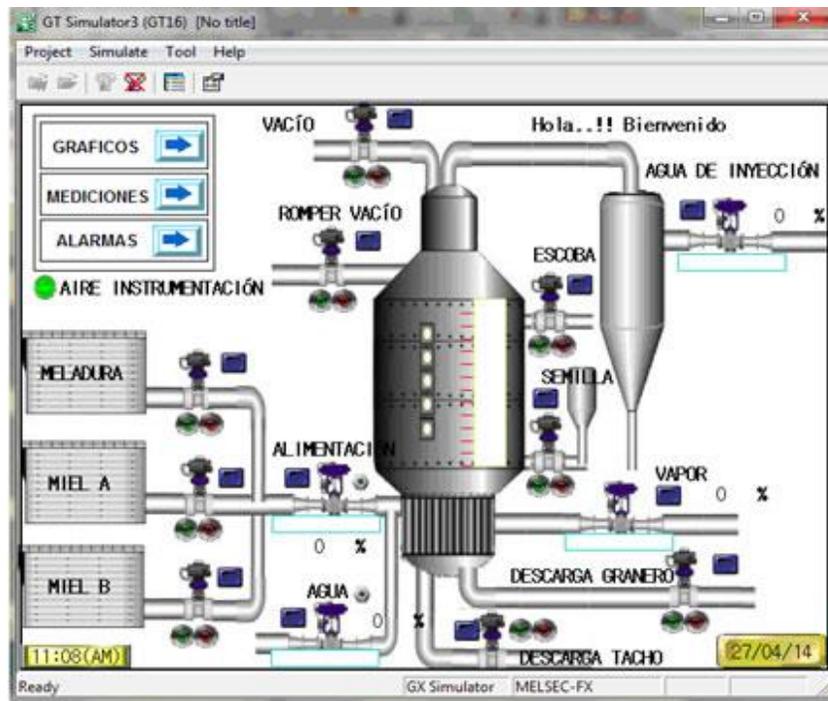


Fig. 3.8 Descripción general del tacho en un simulador.

Paso No. 4 (Requerimientos del equipo).

Tachos de calandria

Un tacho de calandria es un evaporador de simple efecto, de diseño especial, dotado de tubos cortos de gran diámetro y un tubo central grade, para facilitar la circulación de la masa cocida pesada y viscosa que se elabora en cochuras llamadas templeas.

Fondos: El fondo tiene forma cónica, con la válvula de descarga situada en el centro. El ángulo que forman los lados con la horizontal no debe ser menor de 20°. Entre el cono y la calandria, que está colocada inmediatamente arriba, debe haber una sección cilíndrica corta, de no menos de 8 pulgadas de altura, que permita espacio suficiente para hacer la fijación de los tubos mediante expansión de sus extremos.

Alimentación: Si el tacho está provisto de circulación mecánica, la alimentación tiene que llegar hasta la válvula de descarga o cerca de esta válvula, para que sea proyectada hacia el centro, debajo del impelente.

Una gran **válvula de descarga** situada al fondo, con un diámetro de la octava a la sexta parte del diámetro del tacho.

Un Separador en el extremo superior del tacho, situado en el domo o cúpula, o entre el domo y el condensador. Este separador frena la velocidad de los vapores, y disminuye el arrastre de gotas de jarabe.

Un condensador de algunos de los diversos tipos apropiados, abastecidos de agua fría para condensar los vapores y mantener el vacío.

Una bomba de vacío conectada al condensador por tubería de 6 a 8 de diámetro. Esta bomba crea vacío para comenzar la templea y elimina los gases inconfesables durante la cocción.

Una **válvula para sacar el vacío** conectada al cuerpo del tacho por un tramo corto de tubería, o montada sobre el tacho mismo. El vacío se saca precisamente antes de descargar el tacho.

Mirillas de observación, a través de las cuales se podrá observar el progreso de la templa; una sonda para tomar muestra de la masa cocida; un **manómetro de vacío**, un **termómetro** y un **manómetro de presión de vapor**. El operador del tacho puede variar la temperatura de la masa en ebullición mediante el aumento o disminución de la inyección de agua que la produce.

Paso No. 5 (Selección del autómatas programable).

Para la selección del autómatas programable para la automatización fue necesario establecer que variables afectan directamente a la cristalización y de qué manera se podría tener un mejor control sobre ellas y al mismo tiempo optimizar dicho proceso que nos resulte en el ahorro de energía aminorando los costos de producción.

El SeedMaster SM-3 fue diseñado para proporcionar información en línea sobre todos los parámetros que son importantes para el control actualizado de la cristalización. La lectura de concentración de líquido proporcionada mediante un refractómetro de procesos K-Patents, es una parte importante del sistema. Con una K-Patentes los datos de concentración de jarabe de refractómetro / licor madre no se alteran por la presencia de cristales, burbujas de vapor y vapor y el color del líquido. Al mismo tiempo, el refractómetro proporciona datos sobre la temperatura de la masa cocida también. Esto significa que los datos sobre C y T (concentración y temperatura, son proporcionados directamente por el refractómetro. Además esta información de datos sobre la pureza del licor madre P también es necesaria para el cálculo en línea de supersaturación.

La pureza del licor madre es igual a la pureza del jarabe de alimentación solo hasta el momento de la siembra. Cuando los cristales comienzan y continúan creciendo, la pureza del jarabe madre cae en consecuencia. Por lo tanto, no es constante durante la huelga, y debe calcularse en línea junto con el cambio de contenido de cristales.

Esto, sin embargo, necesita el uso de datos adicionales en línea ("Tercera entrada") de algunos ya sensor existente (densidad de masa masiva o contenido de sólidos de masa sólida brix). Finalmente, es bien sabido que la calidad del jarabe de alimentación se caracteriza por sus parámetros "m", "b" y "c", puede mostrar

cambios considerables, que deben tenerse en cuenta al calcular el parámetros massecuite. Los parámetros de calidad del jarabe deben ser determinados por el laboratorio local. Si no es posible, los datos típicos para los jarabes de remolacha y caña están disponibles. Además estos datos de laboratorio adicionales también son necesarios.

Según los datos calculados, SeedMaster 2 puede programarse para llevar a cabo la siembra automática del cristizador en sí mismo, cuando: • sobresaturación, o • densidad de masa masiva se convierte en igual al punto de consigna de supersaturación o densidad seleccionado por el tecnólogo o la cacerola operador (se prefiere sobresaturación). La siembra real se lleva a cabo abriendo la válvula de siembra (salida digital) durante un intervalo de tiempo preestablecido.

Paso No.6 (Programación del PLC).

En este paso, la instalación del equipo inicialmente es responsabilidad del proveedor, posteriormente, mediante una capacitación recibida dicha programación o configuración es responsabilidad de los supervisores del departamento de instrumentación. Dicha programación se menciona anteriormente en la metodología.

CAPÍTULO 4.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

4.1 Resultados.

Los resultados, información y datos que se fueron recabados durante la estadía y que según el criterio del supervisor tengan que ver directamente con el proceso de la elaboración del azúcar en esta empresa quedan restringidos según la siguiente carta:



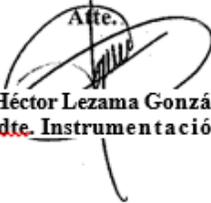
Central El Potrero, S.A. de C.V.

27 de Abril de 2018.

A quien corresponda:

Por medio del presente hago constar que por políticas de la empresa Central El Potrero S.A de C.V. y corporativo BSM toda la información que concierne a nuestro proceso, se considera bajo el estatus de "CONFIDENCIAL" de acuerdo al Art. 5, índice 1 y 2 del reglamento interno, por lo que no nos es posible proporcionarle al alumno Aldo Flavio ~~Alvarez~~ Rosas los datos que requiere.

Esperando contar con su comprensión, me despido enviándole un cordial saludo.

Afte.

Ing. Héctor Lezama González
Supdte. Instrumentación

4.2 Trabajos Futuros.

Para trabajos a futuro se recomienda realizar una evaluación detallada del aprovechamiento del agua que se utiliza en este proceso, se hace énfasis en esto ya que el agua que se ocupa durante el proceso de cristalización es desechada y enviada directamente a los ductos de aguas negras desperdiciando este vital elemento.

La instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales y de la mano con torres de enfriamiento para aprovechar la temperatura ideal del agua en el proceso del azúcar, sería de gran ayuda para combatir la contaminación de los ríos de la zona en los cuales se desemboca el canal de aguas residuales de la empresa, amén del ahorro económico pues al reutilizar el agua que retornaría de estos procesos, el consumo del agua que abastece el municipio a la factoría se reduciría y por ende el costo generado por este servicio.

4.3 Recomendaciones.

Como recomendación para la mejora de producción dentro del departamento de tachos, se propone que se ofrezcan mejores condiciones de trabajo tanto para los trabajadores como para los mismos supervisores de esta área, ya que la temperatura a la que se expone el personal de dicho departamento es de entre 32 y 43°C durante la temporada de calor. Existen ingenios, como por ejemplo El San Nicolás que se encuentra en el municipio de Cuichapa, Ver., en el cual las áreas dentro de la fábrica en donde las temperaturas son considerablemente altas, han implementado un sistema de aire acondicionado con el fin de combatir el calor excesivo y con ello no solo convierten estos departamentos en áreas más óptimas para las labores que se realizan sino que al reducir la temperatura del ambiente están alargando la vida útil de todos sus equipos.

ANEXOS

Anexo 1

Se anexa la cotización real del proveedor (RUNMASTER) con el cual El Ingenio Central El Potrero tiene cierto convenio ya que al pertenecer ambos al mismo consorcio, el pacto comercial se da automáticamente.

Item	Description	Qty	Unit Price USD	Total Price USD
A	K-Patents Process Refractometer Consisting of: Sensor: PR-23-GP-62-ASS-GP-AA-NC Process connection: ANSI-flange 3 inch 150 lbs, insertion length 130 mm Process temperature: -20° ... 150° C Process wetted parts: AISI 316L	1	9000	9000
B	Indicating Transmitter: DTR-M-GP-AC Display: 320 x240 pixels, graphic liquid crystal (LCD), with LED backlight Current output: Two independent current sources, isolated 4-20 mA DC, max.load 1000 Ohm Enclosure: IP66, Nema 4x Mounting Brackets included Cable connections: M20*1,5 metric cable glands Weight: 4,5 kg (10lbs) Dimensional drawing: DIM 417	1	5270	5270
C	Interconnecting cable: PR-8230-010 Standard length: 10 meters.	1	130	130
D	Supersaturation Transmitter And Seeding Device: SeedMaster SM-3 Main features: <ol style="list-style-type: none"> 1. On-line calculation, display and transmission of up to 6 massecuite parameters and 4 additional monitored data during sugar crystallization for up to 2 pans simultaneously. 2. Automatic seeding of vacuum pans based on calculated supersaturation or density and on the set-point for seeding selected by the local technologist. 3. Collecting all calculated and measured data of strikes in strike history archives, which can be displayed as trends with appropriate time data. 4. Advanced communication features including Ethernet. 5. Large LCD display, robust design. 	1	7990	7990
E	HYDROTRAC PROBE HT02V2 Accesorios <ul style="list-style-type: none"> 1 x Integra Blue Gasket 4 x M6 SS Washers 4 x M6 25 SS Hex Screws to BS3692 4 x 1/4 UNC x 1 SS Hex Screws 1 x RS232/485 Converter 1 x 4 Meters cable RF 1 x CD Rom 1 x Operating Manual 	1	7750	7750

F	<p>Servicio de 3 días de asistencia de un técnico en sitio Ingenio <input type="text"/> Incluye:</p> <p>Puesta en marcha para equipos de la marca K-patents y SeedMaster 3</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Configuraciones. b) Conexión de señales. c) Capacitación del personal. d) Asesoría en la implementación en la estrategia de control en base a supersaturación. <p>Puesta en marcha y calibración de la sonda de microondas Hydrotrac:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Configuraciones. b) Conexión de señales. c) Calibración en base al laboratorio local. d) Capacitación del personal. <p>Transportación, Alimentación y Hospedaje Incluidos.</p> <p>No incluye: Trabajos de corte y soldadura. Tendido de cableado. Montajes mecánicos de los equipos.</p>	1	4500	4500
G	Gastos de Importación y Transporte	1	1500	1500
	Precio Total <input type="text"/>			36140 USD

CONDICIONES DE VENTA:

50% AL PEDIDO 50% CONTRA EMBARQUE

EL PAGO DEBE DE SER EN DOLARES AMERICANOS

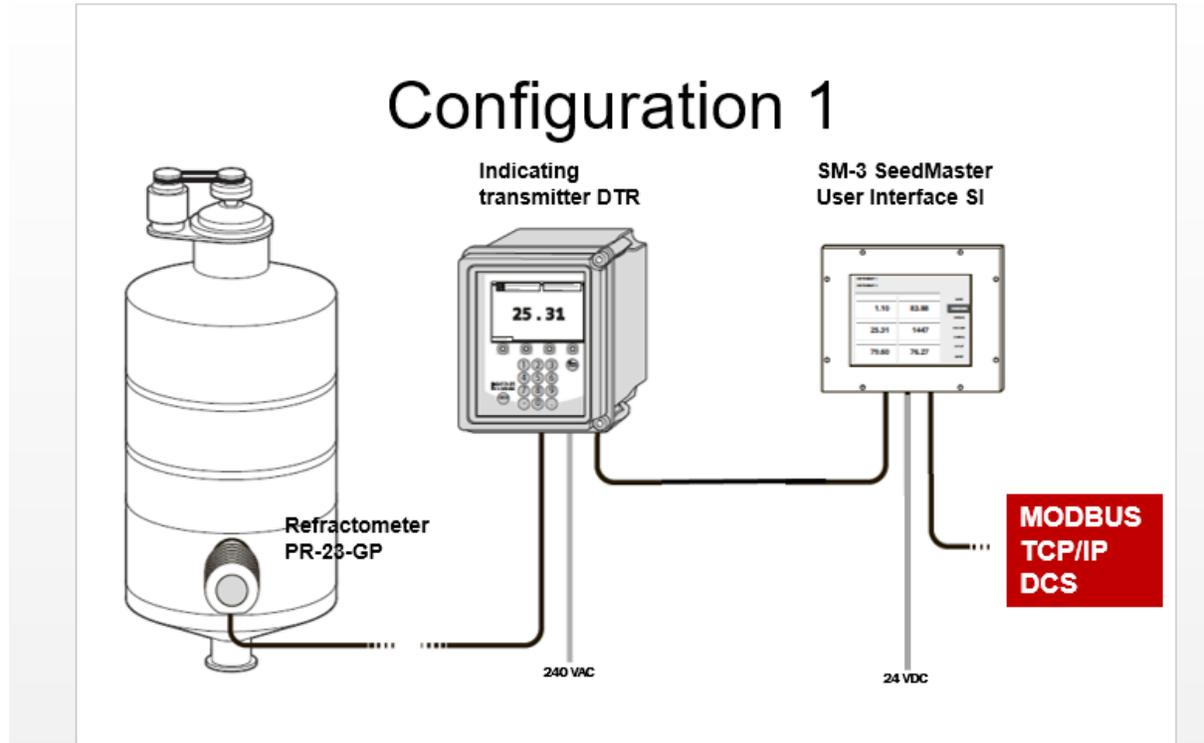
PRECIO COTIZADO DEL EQUIPO ÚNICAMENTE, EL IVA CORRESPONDIENTE DEL 16% SE AGREGARÁ AL MOMENTO DE FACTURAR.

Tiempo de entrega después de recibo de pago y clarificación los detalles técnicos: 4 a 6 SEMANAS

Validez de la oferta: 30 días a partir de la presente. Garantía: 24 meses por defectos de fabricación.

Anexo 2

Instalación típica del sistema SeedMaster.



En la imagen se aprecia la posible posición donde debe instalarse el refractómetro el cual va interconectado al transmisor de indicaciones y a su vez, este último se conecta con la interfaz del usuario (operador).

Nota: por políticas del proveedor el diagrama de conexión y la información del programa PLC con el cual trabaja dicho equipo no son incluidos ni dados a conocer a los clientes, ya que solo al darse el acuerdo de adquisición, el proveedor proporcionará instalación del equipo, capacitación al personal a cargo, asesoramiento y mantenimiento en caso de falla.

BIBLIOGRAFÍA

- ATLAS DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR. Geplacea/PNUD bilingüe (español e inglés), 143 páginas, 1990, México.
- BY-PRODUCTS OF THE CANE SUGAR INDUSTRY. An Introduction To Their Industrial Utilization. (Subproductos de la industria del azúcar de caña. - Una introducción a su utilización industrial.) J.M. Paturau Sugar Series 11, ISBN: 0-444-88214-6, 446 páginas, 1989, Elsevier, Amsterdam.
- CANE SUGAR HANDBOOK. A Manual For Cane Sugar Manufacturers And Their Chemists. (Manual del azúcar de caña - Un manual para los fabricantes del azúcar de caña y sus químicos.) James C. P. Chen y Chung-Chi Chou ISBN: 0-471-53037-9, 1.090 páginas, 12a. edición 1993, John Wiley & Sons, Nueva York.
- COGENERATION IN THE CANE SUGAR INDUSTRY. (Cogeneración en la industria del azúcar de caña.) J.H. Payne Sugar Series 12, ISBN: 0-444-88826-8, 338 páginas, 1990, Elsevier, Amsterdam.
- ENERGY MANUAL FOR SUGAR FACTORIES. MANUAL DE ENERGÍA PARA FÁBRICAS DE AZÚCAR. Tone Baloh y Enrique Wittwer ISBN: 3-87040-055-2, 202 páginas, 1995, Bartens, Berlín.
- HANDBOOK OF CANE SUGAR ENGINEERING. (Manual de la ingeniería del azúcar de caña.) (Titulado en la versión en español como: Manual para ingenieros azucareros.) Emile Hugot Sugar Series 7, ISBN: 0-444-42438-5, 1186 páginas, 1986, Elsevier, Amsterdam.

- LA INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Geplacea, 187 páginas, 1986, México.
- MANUAL DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. Geplacea/PNUD 2a. edición, 447 páginas, 1990, México.
- MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA. Geplacea 302 páginas, 1985, México.
- MANUAL PARA INGENIEROS AZUCAREROS. Emile Hugot 803 páginas, 2a. impresión, 1964, Compañía Editorial Continental, México.
- MANUFACTURE AND REFINING OF RAW CANE SUGAR. (Fabricación y refinación del azúcar crudo de caña.) V. E. Baikow Sugar Series 2, ISBN: 0-444-41896-2, 608 páginas, 1982, Elsevier, Amsterdam.
- METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE CAPACIDADES DE MOLIENDA EQUIVALENTES EN INGENIOS AZUCAREROS. Jorge Luis Tovar y Vera Geplacea/PNUD, 126 páginas, 1988, México.