

**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA DE UNA CELDA DE MANUFACTURA PARA
UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS**

**JOHN CESAR BARRAGAN
LEONARDO VIDAL VERA**

**INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR ITFIP
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROINDUSTRIALES
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPINAL – TOLIMA
2015**

**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA DE UNA CELDA DE MANUFACTURA PARA
UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS GASEOSAS**

**JOHN CESAR BARRAGAN
LEONARDO VIDAL VERA**

TRABAJO DE TESIS

**DIRECTOR DE TESIS:
DIEGO MAURICIO PARRA LAGUNA
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR ITFIP
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROINDUSTRIALES
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPINAL – TOLIMA
2015**

Nota de aceptación:

Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Espinal (Tolima), 21 de diciembre de 2015

DEDICATORIA

Este Proyecto se lo dedicamos a DIOS quien supo guiarnos por el buen camino, dándonos sabiduría y fuerza para continuar en todo momento a pesar de los percances que surgieron.

A mi familia que siempre fue un apoyo moral y un punto en el cual recargarnos y adquirimos consejos brindándonos su amor, comprensión y paciencia.

A mi esposa e hijos que estuvieron en todo momento con migo, en esta nueva etapa de formación y fueron apoyo incondicional.

Especialmente a mi hija Daniela que es mi motivación e inspiración, que me da la fuerza para emprender la búsqueda de mis metas y objetivos, convirtiéndome en la persona que soy.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer este proyecto en primera instancia al ITFIP por permitirnos estar dentro de una institución tan magna, proporcionándonos las herramientas necesarias en la construcción del conocimiento, fortaleciendo la inteligencia y sabiduría necesaria para nuestra vida personal y profesional.

A nuestro director de tesis, Ing. Diego Parra Laguna por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en nosotros que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

También nos gustaría agradecerles a nuestros docentes que durante toda la carrera profesional han aportado con un granito de arena a nuestra formación, y en especial a los Ing. Edwin Palacios, Oscar Ancizar Bernate por su compromiso, enseñanza y liderazgo a lo largo de nuestra carrera.

Para nuestros compañeros, solo tenemos palabras de agradecimiento, especialmente en aquellos momentos difíciles que algunas veces se presentan a lo largo del camino para lograr nuestros objetivos, prevaleciendo siempre su calidad humana y amistad.

CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCION	13
1. PROBLEMA	14
1.1 Definición del problema	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. Objetivo General	16
3.2 Objetivos Específicos	16
4. MARCO TEÓRICO	17
4.1. Referentes investigativos	17
4.2. Controladores lógicos	19
4.3. Protocolo de comunicación industrial	22
4.4. Estado de arte del proceso de producción	25
4.4.1. Preparación de los Jarabes	26
4.4.1.1. Jarabe simple	26
4.4.1.2. Filtración	26
4.4.1.3 Jarabe final o terminado	26
4.4.1.4. Carbohidratación	27
4.4.1.5. Suministros y almacenamiento CO2	30
4.4.2. Envasado y tapado	30
4.4.3. Almacenamiento	31
4.4.3.1. Cambios por agentes físicos	31
4.4.3.2. Cambio por agentes químicos	31
4.4.3.3 Tiempo máximo de almacenaje	31
4.5. Proyectos similares	33
4.5.1. Soluciones de Software SCADA SIMATIC	33
4.5.2. 4.5.2 Modelo de un proceso productivo de embotellamiento y sellado de líquidos, mediante la integración de la estación de flujo continuo	33
5. DISEÑO METODOLÓGICO	35
5.1. Análisis del proceso	35
5.2. Descripción funcional del proceso	36
5.2.1. Procesamiento de agua	37
5.2.2. Preparación jarabe	38
5.2.3. Mezcla jarabe y CO2	39
5.3. Desarrollo SCADA del proceso	41

5.4. Visualización y control del proceso	44
5.5. Comunicación entre control y acción	45
6. ELEMENTOS PROPUESTOS DE LA SOLUCIÓN	47
7. CRONOGRAMA	48
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de símbolos	Pág 40
Tabla 2. Elementos propuestos de la solución	47
Tabla 3 Cronograma De Actividades	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Sistema Scada de un proceso	18
Figura 2. Scada de proceso con hidrocarburos	19
Figura 3. Estructura de un secuenciador lógico programable	20
Figura 4. Controlador Lógico Programable de la familia Allen Bradley	20
Figura 5. PLC marcas ABB y Omron	21
Figura 6. Pirámide de automatización	23
Figura 7. Diagrama de bloques de producción de gaseosa	25
Figura 8. Carbonatador y sus partes	28
Figura 9. Producción de jugos y gaseosa, uso de jarabes	29
Figura 10. Máquina para llenado de bebidas gaseosas	31
Figura 11. Producción, envasado y embotellamiento de la gaseosa	32
Figura 12. Proceso general escogido para implementar	35
Figura 13. P&ID general del proceso de fabricación	36
Figura 14. P&ID procesamiento del agua	37
Figura 15. P&ID mezcla de jarabe	38
Figura 16. Embotellado	39
Figura 17A. Inicio del proceso de simulación empleando motor o cpu de ABB	41
Figura 17B. Lenguaje a emplear para programación de los dispositivos	41
Figura 18. Lenguaje Grafcet	42
Figura 19. Una breve mirada al desarrollo en ST y Grafcet.	42
Figura 20. Construcción del Scada del proceso	43
Figura 21. Diseño de pantalla HMI software ABB	44
Figura 22. Topología para la comunicación entre dispositivos	45
Figura 23. Esquema general de proceso de producción, envasado y sellado de gaseosas por medio de un sistema de visualización Scada con pantalla HMI.	46

GLOSARIO

CONTROL: Acción que se ejerce con el propósito de hacer que una variable se mantenga dentro de unos valores específicos determinados con anterioridad.

SISTEMA DE CONTROL: Conjunto de componentes y equipos que hacen posible ejercer operaciones de control.

OPERACIONES DE CONTROL: acciones que permiten que una variable se mantenga dentro de valores específicos para un funcionamiento deseado.

CONTROL AUTOMÁTICO: acción en la cual se realiza un control sin intervención directa de un operario.

AUTOMÁTICO: Es todo aquello que funciona por sí solo o que realiza un proceso parcial o totalmente sin ayuda humana independiente del medio que lo rodea.

AUTOMATIZACIÓN: Consiste de un sistema de control automático, por el cual el sistema verifica su propio funcionamiento, efectuando mediciones y correcciones sin la interferencia del ser humano.

SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN: Conjunto de equipos, sistemas de información, y procedimientos que van a permitir a segura r un desempeño independiente del proceso, a través de operaciones de control y supervisión.

SUPERVISIÓN Y MONITOREO: Es el proceso de lectura de va lores de las diversas s variables del proceso, con el objetivo de identifica r el estado en el que se viene desarrollando el proceso en un tiempo actual.

Un sistema scada realiza automáticamente un control pre-programado sobre un proceso haciendo de manera automática la recolección de datos, lo que no sucede por ejemplo con los PLC (Programmable Logic Controller o Controlador Lógico Programable) que hacen dicha adquisición de datos de forma manual.

RESUMEN

En Colombia la industria de producción de bebidas gaseosas ha hecho de manera considerable presencia en el mercado de acuerdo con los estudios que se presentan anualmente, industrias reconocidas como Coca-Cola de capital extranjero, Postobón de capital mixto y productoras de menor presencia fabrican sus productos aprovechando las beneficios de contar con plantas de producción automatizadas que históricamente pasaron de procesos rústicos a procesos autómatas mejorando así la efectividad de su producción.

Este documento recopila el proceso de producción de una fábrica de gaseosas como referencia inicial y presenta un sistema de adquisición datos, monitoreo y simulación gráfica del proceso, identificando las variables directas que allí intervienen, así como la unidad de accionamiento que la planta manejará con el fin de extender la propuesta a alguna empresa de la zona que pretenda automatizar su proceso de producción y envasado, todo esto con el fin de evidenciar las competencias en el desarrollo de proyectos de automatización abordando las temáticas propias del tema y la interacción con otras disciplinas.

Palabras claves: Embotelladora, gaseosas, Scada, HMI, Simulación

ABSTRACT

In Colombia, the industry of production of sodas has made significantly presence in the market according to studies that are presented annually, known companies as Coca-Cola of foreign capital, Postobón of venture capital and producers of smaller presence make their products taking advantage of the benefits of having automated production plants that historically went from rustic to automata processes thereby improving the effectiveness of their production.

This document compiles the production process of a soda factory as a starting reference and presents a data acquisition system, monitoring and graphic simulation of the process, identifying the direct variables that are involved, as it is the drive unity that the factory will handle in order to extend the proposal to any company in the area seeking to automate its production process and packaging, all this in order to demonstrate competence in the development of automation projects addressing thematic own themes and interaction with other disciplines.

Keywords: Bottling machine, sodas, Scada, HMI, Simulation

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de proyectos en el área de automatización ha variado en los últimos años debido a las herramientas con las que se cuenta en la actualidad para la creación de ambientes simulados que permitan aproximarse a la realidad en un alto porcentaje, es tal que las empresas en su desarrollo de procesos emplean esquemas de simulación que permitan verificar, organizar, gestionar e inclusive verificar los alcances que un proyecto pueda tener en la marcha con el fin de hacer retroalimentación durante la ejecución del mismo.

Para este caso en particular se ha propuesto un modelo de diseño funcional que parte desde ceros y busca presentar un modelo de una fábrica de gaseosas por medio de una serie de celdas de manufactura que simulen el proceso de manera modular, éste proceso no será implementado físicamente será llevado a varios softwares de simulación que modelen la dinámica y muestren la comunicación con los dispositivos que se necesiten así como el tablero de mando que controle el proceso.

Pero, ¿por qué la industria de gaseosas como proceso?, La industria de gaseosas en Colombia ha sido a lo largo del tiempo una firme representante de los movimientos del mercado, el nombre de estas empresas se menciona constantemente en eventos, ferias y hasta en los mismos movimientos bursátiles; grandes empresas con capital extranjero y nacional han presentado una mejora continua de sus productos y de la efectividad de sus procesos, Coca – Cola, Postobón, Big Cola, entre otras han dirigido su capital a mejorar los procesos de producción en cada una de sus plantas, convirtiéndolas en plantas tecnológicamente avanzadas.

La tecnología industrial como principal referente de la automatización es el punto de partida de este trabajo de grado, se menciona punto de partida pues es importante destacar que en la formación recibida en la institución se realizó un proceso similar en una asignatura, le cual fue también realizado por módulos pero que fue hecho más por el lado del ensayo y el error, como no se deben realizar los proyectos; sí bien a este momento para el estudiante de electrónica y futuro graduando de la Institución de Educación Superior ITFIP es importante los procesos de ensayo y error para algunas disciplinas, es más relevante aún tener un esquema de bloques secuenciales en la ejecución de proyectos y éste es sin lugar a dudas el primer peldaño a la hora de realizar una tarea a nivel industrial.

1. PROBLEMA

1.1 Definición del problema

Actualmente a nivel industrial la automatización ha tomado la fuerza suficiente para convertirse en la principal herramienta del hombre para la realización de procesos de manera eficiente, precisa y en menor tiempo del estimado con los procesos manuales; pero no solo hablar de automatización significa colocar un conjunto de elementos a que realicen una tarea específica, significa que ese conjunto de elementos estén en constante supervisión y control de cada uno de los procesos y que exista una interfaz de comunicación entre el proceso y el hombre, quien es el encargado de la toma de decisiones.

La anterior es la razón de origen a los procesos de simulación y control por medio de una interfaz gráfica, a lo cual se conoce como sistema Scada, quien se encarga de la comunicación, supervisión y control de un proceso comportándose como un sistema realimentado que permita conocer en tiempo real el comportamiento de las variables implicadas en la ejecución del sistema; de aquí surge la idea de entregar un proyecto de simulación de un proceso automatizado de una celda de manufactura para un proceso de producción; de tal manera que se entregue un entorno gráfico que permita visualizar cada una de las etapas de un proceso de producción, el cual se tomará como partida para este caso una fabricación de gaseosas con miras a la futura implementación de alguna planta regional desee ampliar su proceso y mejorarlo con la presencia de herramientas tecnológicas.

Para la realización del mismo es necesario incursionar en los diferentes Softwares que existen a nivel industrial para el desarrollo de estos procesos e inspeccionar en los diferentes protocolos que soportan para la futura implementación de los procesos, entiéndase esto como procesos de producción y envasado de líquidos, el cual será el tema de tratar en este trabajo, proceso de producción de sólidos (industriales, comestibles etc.), procesos de extracción de hidrocarburos y gases (oil & gas) entre otros.

2. JUSTIFICACIÓN

Conocer sobre sistemas automatizados no solo significa estar a la vanguardia en cuanto a tecnologías industriales se refiera, también implica poseer bases sólidas en las áreas interdisciplinarias que hagan parte del control y programación de los dispositivos que intervienen en el proceso; todo el conjunto de elementos anteriormente citados y correctamente aplicados para dar una solución a un problema, hacen referencia a evidenciar las capacidades de un estudiante de último semestre de ingeniería electrónica con énfasis en automatización que esté en disposición de proporcionar soluciones a problemas en el área de automatización.

Lo anterior es la razón fundamental por la cual se presenta esta propuesta de trabajo de grado, la automatización es actualmente la mano derecha en la industria para la realización de procesos eficientes y con la reducción de recursos y costos variables, por mencionar el factor económico que es premisa indispensable en la teoría administrativa enfocada a la industria; de tal manera que aquí se presenta un problema a nivel general de carácter industrial y se procede a dar solución al mismo por medio de las herramientas, destrezas y competencias adquiridas a lo largo de la formación profesional y que se convierte también en el punto de partida a nivel académico para la institución en cuanto a sistemas de visualización gráficos para comunicación, supervisión y control.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema simulación de supervisión, control y adquisición de datos (Scada) para una celda de manufactura que fabrica bebidas gaseosas.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar el proceso de fabricación de una celda de producción de gaseosas.
- Consultar los diferentes Softwares de simulación para visualización de procesos de automatización de manera gráfica (Scadas).
- Identificar los diferentes elementos que intervienen en cada etapa del proceso de manufactura con el fin de relacionar los dispositivos sensores y actuadores necesarios para una futura implementación.
- Desarrollar la simulación del proceso de producción de la celda a nivel gráfico resaltando la supervisión, control y adquisición de datos.
- Documentar para la institución el proceso de producción con el fin de que se convierta en proceso de trabajo para laboratorios aplicados futuros.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Referentes investigativos

Como parte primordial en el desarrollo y construcción de un proyecto es necesario tener en cuenta diferentes puntos de vista a nivel científico que se han postulado a lo largo de la historia y que permiten abordar completamente la temática sobre sistemas de adquisición de datos como pieza fundamental en automatización de procesos a nivel industrial.

Como primera medida se hace referencia a un artículo científico publicado por el ingeniero en Instrumentación y Control Jorge Gómez quien evidencia cómo se logra mayor competitividad y rentabilidad al incluir procesos de automatización con SCADA en un intercambiador de calor.

En segunda instancia...

Desde los inicios del tiempo y particularmente enmarcados dentro del contexto de procesos industriales, científicos de todo el mundo han trabajado para lograr que los procesos de manufactura sean cada vez más efectivos y más eficientes. Con esta meta se han desarrollado nuevos instrumentos para lograr alcanzar este mejoramiento continuo. Al referirnos a herramientas estas abarcan dispositivos de todo tipo y por su puesto programas que acompañan manejan y dan valor agregado a los mismos.

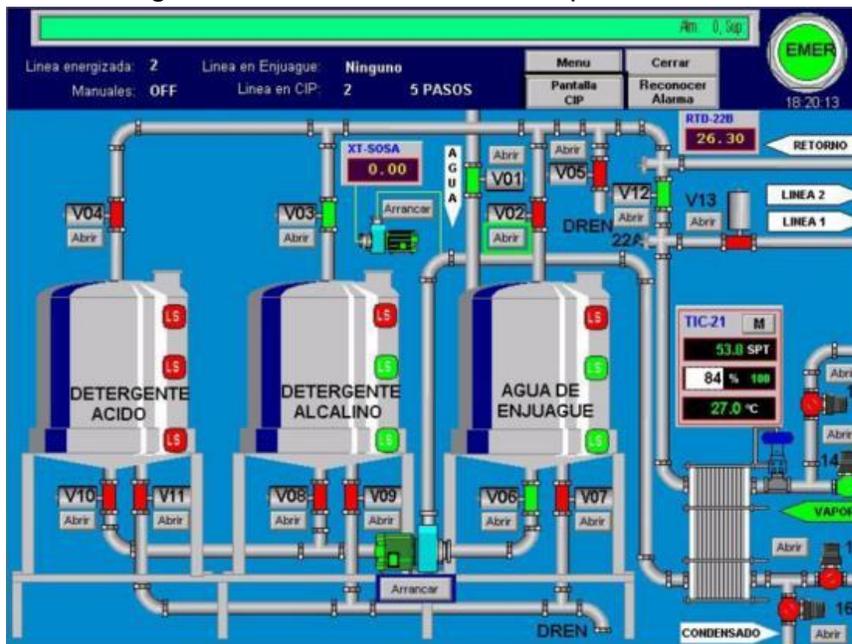
Los SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) como su nombre lo dice, son aplicaciones de software que nos ayudan y facilitan el control y la supervisión de esos mismos procesos [ENE01].

Un sistema SCADA permite al operador supervisar el funcionamiento de una planta de trabajo. Este tipo de software también provee facilidades para el control de la misma [ENE01]. Esto se consigue a través de la interface gráfica que permite mostrar el sitio en pantalla como un grupo de imágenes o ventanas, cada parte de la planta puede ser monitoreada y controlada por medio de su propia ventana. La totalidad de la planta puede ser controlable por medio del uso de un SCADA, como lo muestra la figura 1, permitiendo la interacción manual al mismo tiempo y brindando funciones como la de apagar toda la planta con solo presionar una tecla. (Universidad Javeriana S.f).

“La nueva era de la automatización se basa en la fusión de la electrónica con los antiguos mecanismos automáticos que funcionaban utilizando diferentes medios mecánicos neumáticos, etc. dando origen a los robots, a las máquinas herramientas computarizadas, a los sistemas flexibles de producción, entre otros”¹

¹ Montes Pita, María José, (2008). Análisis y propuestas de sistemas solares de alta energía que emplean agua como fluido calorífero, Tesis de Grado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. 17

Figura 1. Sistema Scada de un proceso



Tomado de: http://www.rcl-sistemas.net/sistemas_scada.html

Así mismo a nivel industrial la automatización juega un papel bien importante a nivel de calidad y productividad, “La automatización en los procesos Industriales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo. Con la introducción de los computadores y de la microelectrónica en el campo de la automatización industrial se ha mejorado el manejo de la información y se sigue perfeccionando con la integración de las redes de comunicación, para poder tener al alcance de un clic toda la información detallada del proceso industrial en tiempo real y poder acceder a ella desde cualquier lugar con tan solo un computador o una PDA (Asistente Digital Personal) , con la posibilidad de variar los parámetros de la planta, del algoritmo de control o del sistema en general”

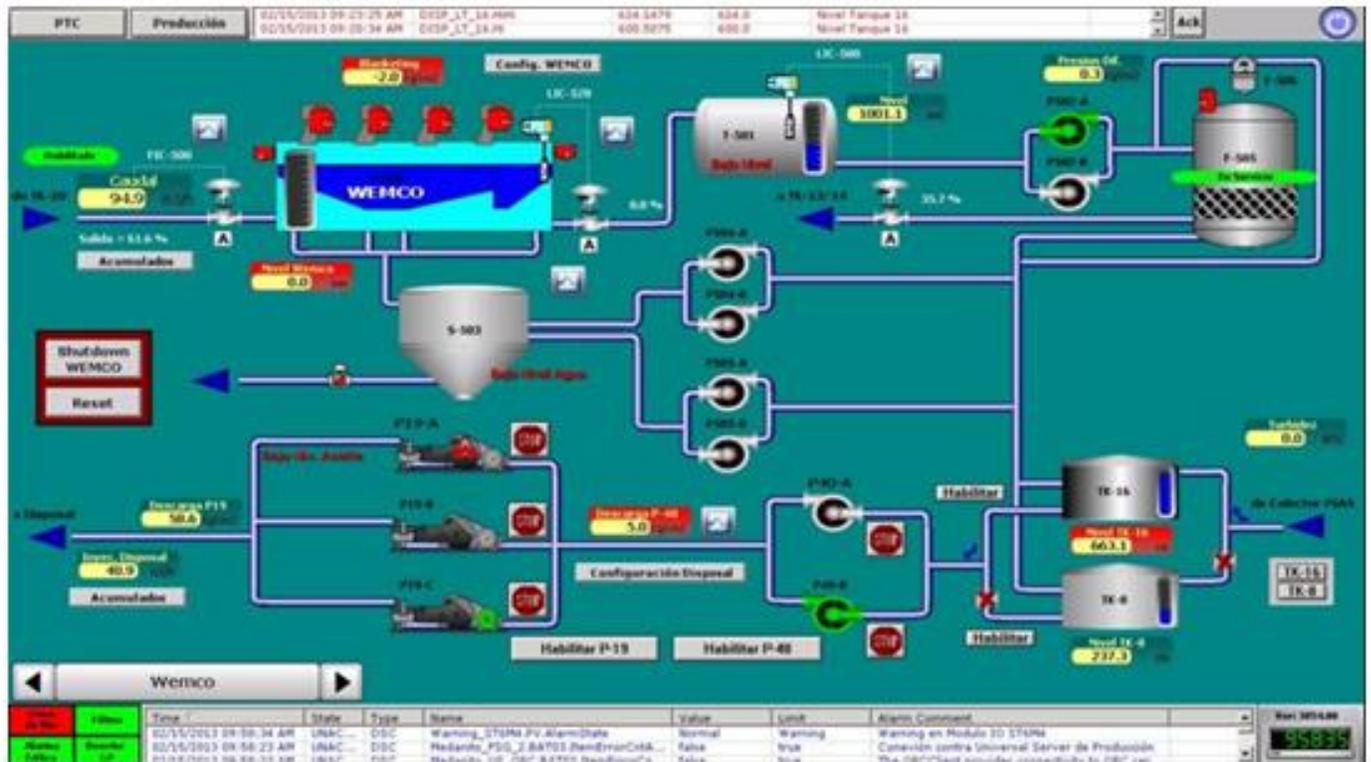
Ahora bien el sistema SCADA es una aplicación software de control de producción que controla de forma automática los procesos desde la pantalla de un ordenador y proporciona información de los procesos a varios usuarios a la vez, y para que esto se cumpla debe cumplir unos requisitos como lo indica el artículo; “Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Además cumplir varios objetivos:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Figura 2. Scada de proceso con hidrocarburos



Tomado de: http://www.rcl-sistemas.net/sistemas_scada.html

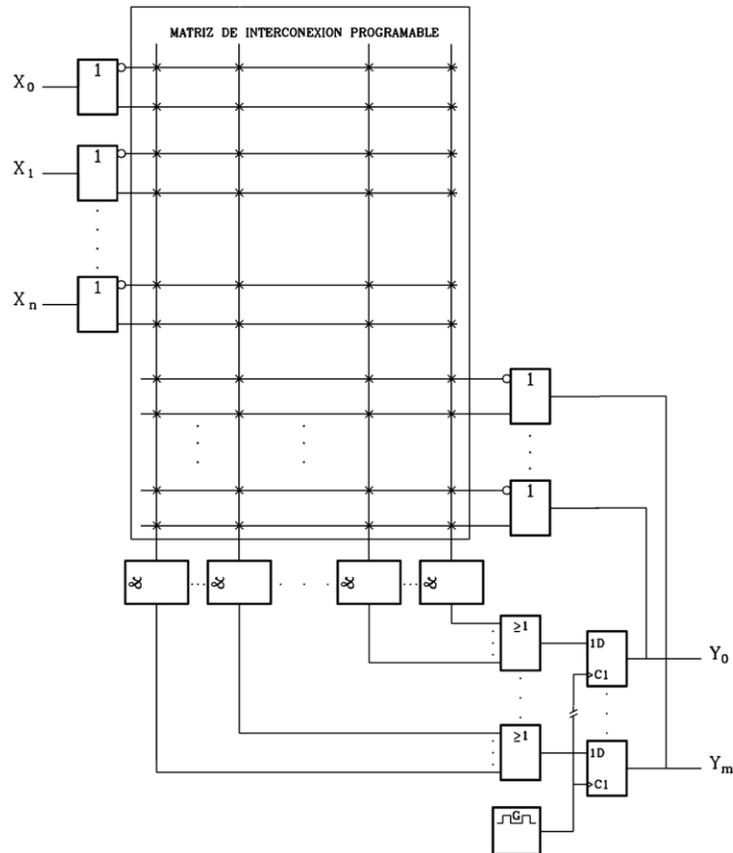
4.2 Controladores lógicos

Los controladores lógicos ²son sistemas digitales cuyas salidas evolucionan en función de la secuencia de estados o cambios de estado de las variables de entrada

Su interés tecnológico es anterior al desarrollo de la Electrónica y se inició con la generalización del uso de la Electricidad. Por ello, los primeros controladores lógicos se realizaron con relés.

² Gutiérrez Humberto, Automatización Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Figura 3: Estructura de un secuenciador lógico programable.



Tomado de: <http://www.tecnoing.com/productos.aspx?CatId=Systemas-de-Control-PLC-MicroLogix-Allen-Bradley>

Figura 4. Controlador Lógico Programable de la familia Allen Bradley



Tomado de: <http://www.tecnoing.com/productos.aspx?CatId=Systemas-de-Control-PLC-MicroLogix-Allen-Bradley>

A finales de los años 60 se produjo un extraordinario desarrollo de la Microelectrónica que dio lugar a la aparición de los circuitos de gran escala de integración [LSI ("Large Scale of Integration")] .Esto permitió la aparición de los autómatas programables [PLC

("Programmable Logic Controller")] constituidos por un procesador digital formado por: Una unidad de control y una unidad operativa.

Por otra parte, el continuo avance de la Microelectrónica a finales de los años 70 dio como resultado los circuitos de muy gran escala de integración [VLSI ("Very Large Scale of Integration")]. Esto permitió el desarrollo de diferentes tipos de circuitos y sistemas electrónicos digitales como consecuencia de los trabajos de investigación aplicada.

Los circuitos digitales configurables sólo han sido posibles al alcanzarse la muy gran escala de integración (VLSI) y la ultra gran escala de integración [ULSI ("Ultra Large Scale of Integration")]. Su desarrollo ha sido tan vertiginoso que ha dado lugar a la ausencia de un cuerpo de doctrina que lo armonice y a la falta de métodos de diseño sistemáticos para la realización de subsistemas y sistemas electrónicos digitales. En estos últimos años se han realizado algunos intentos para metodizar el estudio y realizar una clasificación de los circuitos digitales³ configurables. Pero estos estudios son poco sistemáticos y se centran en la descripción de los circuitos, por ello, surgió el interés por desarrollar circuitos integrados cuyo "hardware" operativo pudiera ser modificado mediante el estado de unas variables binarias. Estos circuitos, que denominamos configurables, contienen un elevado número de elementos lógicos para configurar la estructura de un secuenciador lógico programable.

Figura 5. PLC marcas ABB y Omron



Tomado de:

https://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cp1l/default.html

³ Morris Mano, Diseño Digital

Los CLP⁴ por sus siglas en español como actualmente lo conocemos, tienen su primer antecedente dentro de la industria en el Regulador de Watt, el famoso sistema que controlaba la velocidad de una turbina de vapor en el año 1774. A partir de aquel regulador, se desarrollaron innumerables aplicaciones prácticas. Las industrias de procesos contiguos tuvieron sus primeras necesidades al requerir mantener las variables de proceso en un determinado rango, a fin de lograr los objetivos de diseño. Las primeras industrias realizaban el control de las variables de forma manual, a través de operadores que visualizaban el estado del proceso mediante indicadores ubicados en las cañerías y/o recipientes y equipos. El operador conocía el valor deseado de la variable a controlar, y en función del error tomaba acciones correctivas sobre un elemento final de control a fin de minimizarlo. Por supuesto, el control manual era descentralizado. Cuando las plantas de producción crecieron y se tornaron más complejas, se requirió cada vez mayor cantidad de mano de obra. El primer intento de reemplazar al hombre en las tareas de control se realizó a través de elementos mecánicos. Mecanismos como las válvulas de control de nivel a flotante permitieron al hombre dedicarse a estas tareas. Sin embargo, el hecho de que el elemento mecánico de control estuviera ubicado directamente sobre el proceso, mantenía la obligación de ir al campo para conocer el verdadero estado de las variables, así como dejaba expuesto al medio ambiente a elementos de regulación delicados. A medida que las plantas crecían, fue surgiendo la necesidad de tener más información en forma ordenada y accesible. De esta forma, comenzaron aparecer los primeros tableros de control, muchas veces ubicados cerca de los equipos de proceso, y con frecuencia transportando la variable a medir hasta el indicador instalado en el panel. (Automación Micromecánica s.a.i.c, S.f)

4.3 Protocolo de comunicación industrial

Muchas veces escuchamos en la industria la palabra protocolos de comunicación sin tener claro de que estamos hablando. En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología

La irrupción de los microprocesadores en la industria ha posibilitado su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión derivada de la integración de tecnología digital en las mediciones
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo
- Diagnóstico remoto

La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

- Buses de campo

⁴ Gutierrez Humberto, Automatización Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

- Redes LAN
- Redes LAN-WAN

Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo.

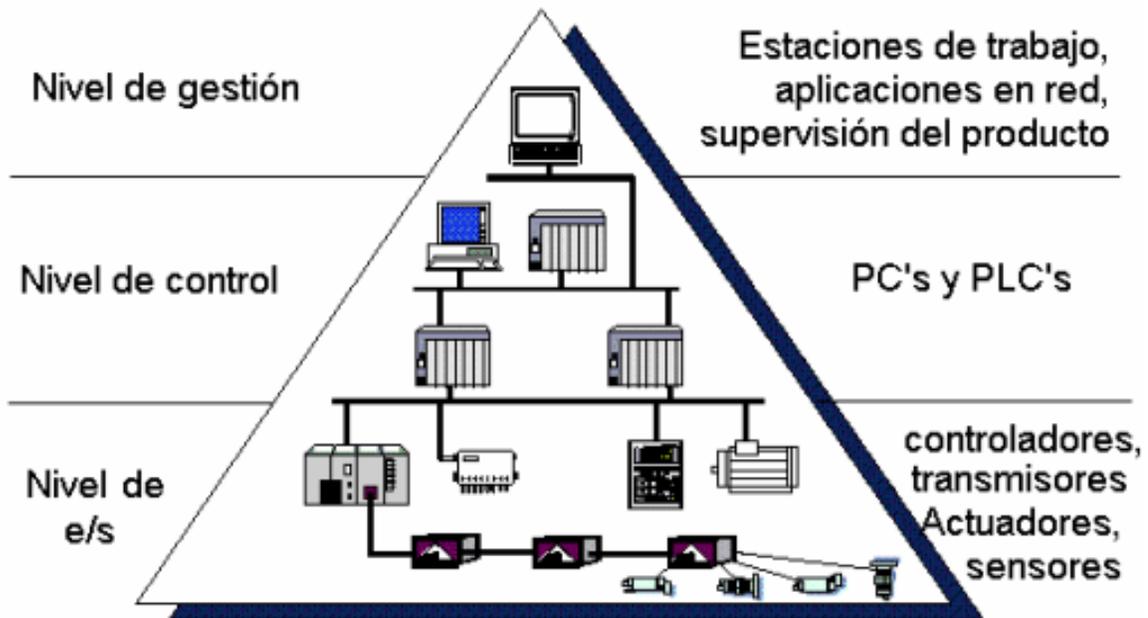
Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20mA o 0 a 10V DC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLC's, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión (Ejemplo figura 16).

Los buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son:

- HART
- Profibus
- Fieldbus Foundation

Figura 6. Pirámide de automatización



Tomado de: <http://es.slideshare.net/marceloolycaceres/aplicaciones-neumaticas-para-la-automatización-de-la-industria-1>

Nodo; Punto de conexión en una red que permite llamar a una estación de la red, generalmente contiene una dirección.

Capa Física; Configuración de cables y módulos de interface que proveen un canal para comunicación entre nodos (Enlace físico).

Protocolo; Grupo de reglas de programación para interpretar las señales transmitidas sobre un enlace físico.

Iniciador; Nodo en la red capaz de actuar como maestro. Cuando el iniciador tiene el turno puede enviar mensajes y solicitar respuesta de cualquier nodo del enlace de datos.

Contestador; Nodo que actúa como dispositivo esclavo. No es capaz de iniciar comunicaciones, sólo puede enviar mensajes en respuesta al requerimiento de un iniciador.

Enlace De Datos (Data Link); Es el grupo de dispositivos conectados al cable de comunicaciones que permite el intercambio de información.

Turno O Testigo (Token); Derecho de la lógica a iniciar comunicaciones. Es una red multimaestro se pasa un turno simple entre iniciadores para asegurarse de que 2 nodos no transmitan al mismo tiempo.

Red Multímetro; Una red en la que más de un nodo puede iniciar comunicaciones e inicializar el enlace.

Acoplador De Enlace Aislado (1747 Aic); Es un dispositivo de hardware que se conecta al cable de comunicación. El acoplador de enlace proporciona una conexión en enlace eléctricamente aislada al procesador del PLC o de una estación programadora.

MPI ("Message Passing Interface", Interfaz de Paso de Mensajes); Es un estándar que define la sintaxis y la semántica de las funciones contenidas en una biblioteca de paso de mensajes diseñada para ser usada en programas que exploten la existencia de múltiples procesadores.

El paso de mensajes es una técnica empleada en programación concurrente para aportar sincronización entre procesos y permitir la exclusión mutua, de manera similar a como se hace con los semáforos, monitores, etc.

Su principal característica es que no precisa de memoria compartida, por lo que es muy importante en la programación de sistemas distribuidos.

Los elementos principales que intervienen en el paso de mensajes son el proceso que envía, el que recibe y el mensaje.

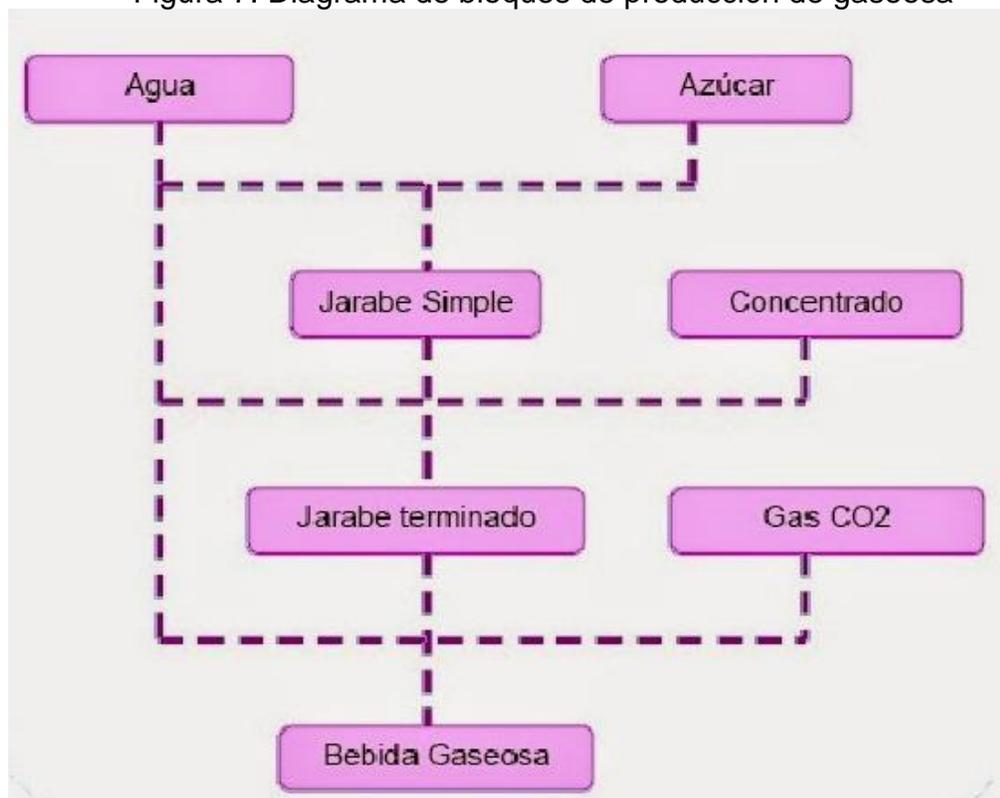
Ethernet; Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD). Su nombre viene del concepto físico de *ether*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3, siendo usualmente tomados como sinónimos. Se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Sin embargo, las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

4.4 Estado del arte – proceso de producción

Procesos de producción de gaseosas

Figura 7. Diagrama de bloques de producción de gaseosa



Tomado de: <http://sistemasproductivos2014.blogspot.com.co/2014/04/industria-de-bebidas-gaseosas-aspectos.html>

El proceso de producción de gaseosas consiste básicamente en el desarrollo de cuatro etapas, estas etapas son:

4.4.1 Preparación de los jarabes

La etapa de preparación de jarabes, consta de tres fases básicas.

4.4.1.1 Jarabe simple.

Después de lavar, esterilizar y enjuagar un primer tanque de acero inoxidable, denominado tanque de mezcla, este se llena con agua tratada, se calienta hasta alcanzar una temperatura entre 80 y 90°C y luego se adiciona el azúcar libre de terrones para lograr así una mejor solubilidad. Este jarabe se logra colocando en marcha el agitador y añadiendo lentamente el azúcar que requiera el producto. Es necesario proporcionar cuidadosamente las cantidades de agua y azúcar con el propósito que la solución final tenga la fuerza deseada. Tal fuerza varía generalmente entre 45 y 65 por ciento de azúcar por peso, dependiendo, como es natural, de la fórmula individual. El jarabe se cocina por un periodo de treinta (30) minutos, tiempo en el cual se ha evaporado la cantidad de agua suficiente que permite la concentración adecuada; y posteriormente se envía a un filtro prensa.

4.4.1.2 Filtración.

La filtración de la mezcla generada anteriormente, se efectúa con la intención de separar partículas extrañas u otras impurezas que pueda traer el azúcar. Antes de empezar en forma la filtración, se realiza un bombeo preliminar que retorna el jarabe al tanque de mezcla, esto se efectúa con el objeto de eliminar las impurezas en los filtros. Luego de limpiar el tanque de almacenaje y las tuberías, se bombea el jarabe simple a través del filtro hasta cuando haya salido la última parte del jarabe del tanque. Vale la pena resaltar, que los residuos del filtro generalmente se convierten en un problema de contaminación ambiental, debido esto a que los residuos presentan una alta carga orgánica y no se les da un manejo adecuado. Después de pasar por el filtro, el jarabe es enviado al tanque de balance, que proporciona el nivel de altura necesaria para el correcto funcionamiento del enfriador de placas, al cual es enviado el jarabe para reducir su temperatura hasta temperaturas entre 20 y 30 enviado a las tinas de preparación, donde se °c. Posteriormente es culmina la preparación de los jarabes. Una vez que ha corrido todo el jarabe simple filtrado y el agua tratada en el enjuague del tanque de mezcla, es conveniente hacer una rectificación Baume, con el propósito de llevar la mezcla a los grados BRIX adecuados. Si no se encuentra ningún problema, se procede a verter la mezcla en los tanques finales donde se adicionan los demás insumos, esto se logra, poniendo en marcha el agitador del tanque.

4.4.1.3 Jarabe final o terminado.

Cuando se añade el ácido al jarabe filtrado y enfriado, este recibe el nombre de jarabe acidulado y cuando se le adiciona a dicha mezcla el resto de los componentes de la fórmula para cada sabor ; es decir, las esencias, colorantes y sabores, tenemos lo que

se denomina un jarabe terminado. Finalizado este paso nuevamente se rectifica el Baume, del jarabe ya terminado. En algunos productos es importante que el jarabe acabado repose cierto periodo de tiempo, lo cual asegura que los componentes queden perfectamente mezclados con el azúcar; una vez esté el jarabe terminado puede ser bombeado al proceso de carbonatación y a la maquina embotelladora.

Es indispensable, que entre producto y producto, tanto la tubería como los tanques queden perfectamente limpios. La medición de las fuerzas de los jarabes (la cantidad de azúcar en el agua), se basa en la densidad o el peso de una unidad de volumen. No obstante el término gravedad específica, se emplea y se refiere a la densidad relativa ; esto es la proporción entre el peso de un volumen dado de una sustancia y el peso del volumen mismo de una sustancia tomada como la norma, expresa el valor en el término de gravedad específica. En el caso de sólidos y líquidos la norma es usualmente agua. Para ello divídase el peso de una pinta (0.473 litros) de jarabe, por el peso de una pinta de agua y el resultado es la gravedad específica. Así que si se añade azúcar al agua, la gravedad

4.4.1.4 Carbohidratación

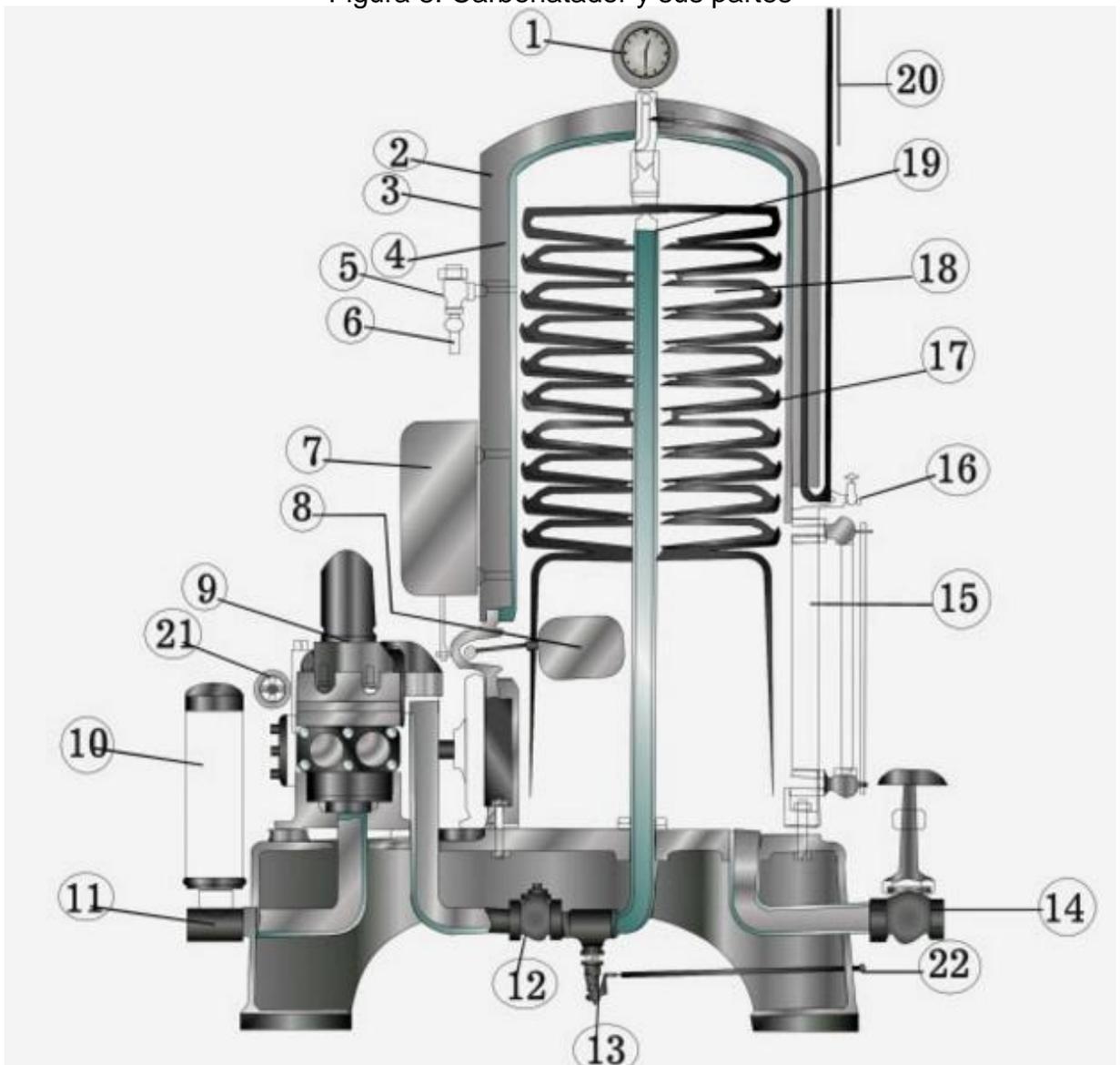
Una vez que el jarabe terminado cumple con los requerimientos exigidos, esto es, presenta los grados Brix necesarios, este y el agua tratada, se pasan a un Carbocooler, en donde el agua sufre un proceso de enfriamiento y carbonatación, ya que se sabe que la capacidad para absorber gas depende en los líquidos de la temperatura a la cual se encuentre.

El contenido de gas carbónico en la bebida terminada, o grado de carbonatación, es uno de los factores que más afectan el sabor de la gaseosa, ya que acentúa el sabor de las esencias. La carbonatación consiste y aroma en colocar al líquido de interés en controlada de CO₂. La una atmósfera cantidad de gas que pueda transferirse al líquido instancia depende en primera de dos factores; la temperatura del líquido y presión del gas. Para considerar el efecto de la temperatura y la presión es necesario conocer el termino saturación; la saturación se define como la condición para la cual el líquido ha absorbido tal cantidad de gas que se encuentra en equilibrio con el gas del medio, esta cantidad es la mayor posible que puede absorber a una temperatura del líquido y presión del gas dadas. Como se sabe, un líquido frío absorbe mayor CO₂ que uno caliente. Un líquido frío además se satura a menos presión, es más estable y evita por tanto fugas de gas y formación de espuma en el llenado. La carbonatación obtenida depende principalmente de los siguientes factores:

- Tiempo de residencia o contacto.
- Temperatura del líquido a carbonatar.
- Presión en el carbonatado.
- Composición del líquido.
- Cantidad de aire, ya sea en el CO₂, en el equipo mismo o en líquido introducido.

La absorción de CO₂ es ante todo un sistema de transferencia de masa entre dos fases; la fuerza impulsora de la absorción es el desequilibrio o diferencia de concentración existente entre la masa global de la fase y la interface. Se supone que no hay reacción química y el sistema se encuentra a presión constante e isotérmica. Cada equipo carbonatador se diseña para un determinado tiempo de contacto de acuerdo con la producción de la planta; un mayor tiempo favorece la carbonatación bajo unas mismas condiciones de temperatura y presión; sin embargo el tiempo en el cual se realiza la operación de embotellamiento es generalmente constante. Para carbonatar una bebida, además de una excelente refrigeración, se requiere la adecuada presión, la cual depende de los siguientes factores:

Figura 8. Carbonatador y sus partes



Tomado de: <http://sistemasproductivos2014.blogspot.com.co/2014/04/industria-de-bebidas-gaseosas-aspectos.html>

Figura 9. Producción de jugos y gaseosa, uso de jarabes



Tomado de: <http://sistemasproductivos2014.blogspot.com.co/2014/04/industria-de-bebidas-gaseosas-aspectos.html>

- La capacidad del Carbonatador.
- El sistema de refrigeración.
- El tipo de bebida; algunas bebidas requieren mayor volumen de gas que otras.
- El tamaño de la botella; debido a la diferencia en el espacio libre de líquido y ocupado por el CO₂ y el aire.

Existen algunas irregularidades que causan mala carbonatación:

- Aire en el carbonatador. El aire presente en el carbonatador resulta de fallas en el desaireador o de purgas inadecuadas al carbonatador. La presencia de aire se determina por la formación de espuma en la llenadora y de un sabor rancio o pasado en la bebida en poco tiempo.
- Materias extrañas. Aceite que ha podido arrastrar el CO₂. Igualmente materia orgánica; un alto contenido de sólidos disueltos en el agua, los cuales causaran también espuma.
- Mantenimiento deficiente. Válvulas de retención de líquidos o gases defectuosas, control de nivel incorrecto y/o empaques de bombas que permiten la entrada de aire.
- Poca capacidad del carbonatador. Si se maneja un flujo mayor al de diseño, no habrá suficiente tiempo de contacto, a no ser que se aumente la presión del gas.
- Tuberías de gas pequeñas y obstruidas. Esto impide la alimentación suficiente de CO₂, provocando su sobrecalentamiento.
- Las cantidades de gas disuelto o contenido en solución por cada gaseosa se denomina volumen de CO₂. Un volumen de CO₂ se define como los ml de CO₂ cedidos a cada ml de bebida, medido estos a condiciones normales (0°C y 1 atm.).

4.4.1.5 Suministros y almacenamiento de CO₂.

El CO₂ llega a la plantas en estado líquido, en cilindros a temperaturas entre 21 y 27 °C. y a una presión que oscila entre 850 y 970 psig. Los cilindros son llenados hasta un 70% de su capacidad (en agua), para dejar un campo suficiente y evitar una sobrepresión que podría hacer saltar el sello de seguridad, el cual está diseñado para dispararse a una presión alrededor de 2200 Psig. El CO₂ se expande en cilindros con capacidades de 18, 20, 22 y 25 Kg de peso. Durante su utilización se extrae el gas que se encuentra en la zona libre del cilindro y el cual va siendo reemplazado por líquido que se va evaporando; debido a esto existe una rata de flujo determinada para la descarga del cilindro.

4.4.2 Envasado y tapado

Una vez carbonatada la bebida es pasada por diferencia de presión a la llenadora, equipo que recibe el envase lavado y estéril, y lo llena hasta un determinado volumen dependiendo del tamaño del envase (350 cc, 500, 1000, 1500 y 2000 cc), y luego, al salir de ésta se encuentra la coronadora o encapsuladora que se encarga de tapar el producto para garantizar que mantengan las características de calidad. El tapado o coronado de las botellas es una etapa fundamental en el proceso de elaboración de bebidas gaseosas, puesto que un mal tapado puede causar fugas y por otro lado rotura en el pico si se encuentra demasiado apretada. Algunos aspectos a tener en cuenta en el tapado de las botellas son:

- Características de las botellas en cuanto a su altura y anillo de coronado.
- Características de las tapas en términos de dureza y flexibilidad.
- Tipo de coronador utilizado.

La altura de la botella es un parámetro que se puede graduar en la maquina encapsuladora, subiendo o bajando los pistones. Cada máquina tiene su propio rango de variación de altura. Mientras que el diámetro del anillo de coronado debe estar comprendido en un rango entre 1.038 y 1.063 pulgadas. El tapado o coronado de la botella, se controla midiendo el diámetro de coronado, el cual debe estar comprendido entre ciertos límites, dependiendo del tipo de coronador y de tapa o corona. En la etapa de envaso y tapado se presentan pérdidas por fugas, sellado incorrecto y rotura de botellas.

Figura 10. Máquina para llenado de bebidas gaseosas



Tomado de: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/beer-bottle-filling-machine-532524186.html>

4.4.3 Almacenamiento.

Las posibilidades de almacenamiento en una planta está limitada por factores tales como el deterioro; dicho deterioro puede deberse a materiales extraños en las bebidas, al desarrollo de microorganismos o a defectos en el sellado de la tapa.

4.4.3.1 Cambios por agentes físicos.

Ciertos cambios son causados por el calor o la luz solar. La luz solar directa, es perjudicial al sabor de todas las bebidas, especialmente cuando los concentrados incluyen jugos de frutas cítricas. Los rayos ultravioleta del sol, decoloran estas bebidas después de cinco o seis días de exposición.

4.4.3.2 Cambios por agentes químicos.

Estos cambios generalmente se deben a la oxidación con el oxígeno del aire, la reacción con el cloro, reducción de la acidez por excesiva alcalinidad del agua. El oxígeno del aire se combina con los otros materiales de la bebida gaseosa, cambiando la composición química del producto y contribuyendo al desarrollo de muchos tipos de microorganismos, los cuales catalizan las reacciones anteriores generando sabores desagradables.

4.4.3.3 Tiempo máximo de almacenaje.

El tiempo de almacenaje es un factor muy importante, puesto que es función del deterioro. Con base en los análisis realizados en las diferentes plantas elaboradoras de gaseosas, una gaseosa puede durar aproximadamente cuatro (4) meses en clima frío y

unos tres (3) en climas cálidos bajo condiciones normales (a la presión atmosférica y un rango de temperatura entre 4 y 34°C), sin sufrir alteraciones en su calidad. (Red Interinstitucional de Tecnologías Limpias, s.f.)

Como toda industria debidamente constituida debe tener un sistema de control, la labor de un supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. De esta manera, existe software industrial que permite la implementación de sistemas de supervisión (i.e. sistemas SCADA), mediante los cuales un operario podrá controlar el proceso productivo a través de la visualización de variables en tiempo real. En caso de que se produzca alguna falla en la planta (i.e. alguna variable fuera de rango), el software permitirá al operario actuar sobre el proceso para corregirla. Los sistemas SCADA proveen de una perspectiva integrada de todos los recursos de control e información de la planta. De esta manera, los ingenieros, supervisores, u operadores pueden visualizar e interactuar con los procesos mediante representaciones gráficas de los mismos. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros sectores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento.

Figura 11. Producción, envasado y embotellamiento de la gaseosa



Tomado de:

<http://sistemasproductivos2014.blogspot.com.co/2014/04/industria-de-bebidas-gaseosas-aspectos.html>

Las características básicas de un sistema SCADA⁵ son las siguientes:

- Adquisición y almacenamiento de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida de forma continua y confiable.
- Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas. Ejecutar acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación. Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación (i.e. MS Excel, SQL) Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Transmisión de información con dispositivos de campo y otros PC. Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC. Presentación, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).
- Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) Como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios pueden ser almacenados en el sistema para su posterior análisis. (Moreno, 2008)

4.5 Proyectos similares

4.5.1 Soluciones de Software SCADA SIMATIC

WinCC: SIMATIC WinCC es un sistema escalable y flexible para visualización y control de procesos industriales desarrollado en Quito Ecuador. Ofrece una altísima funcionalidad y una interfaz de usuario fácil de usar. Gracias a su sistema abierto permite una fácil comunicación con equipos de control y con sistemas de gestión.

WinCC/Central Archive Server (CAS) Permite archivar los registros históricos del sistema SCADA de manera centralizada e incluso redundante. Está cimentado en la base de datos relacional Microsoft SQL Server y tiene capacidad de hasta 120.000 variables archivables. (Zambrano, 2014)

4.5.2 Modelo de un proceso productivo de embotellamiento y sellado de líquidos, mediante la integración de la estación de flujo continuo

Proyecto para la creación de una planta embotelladora que integre los procesos discretos y continuos realizados por el C.I.M. y la MPS®PA, con el propósito de ofrecer a los estudiantes y docentes de la Universidad Javeriana, y a personas externas, la

⁵ Sánchez Briceño, Gabriel (2007) Desarrollo De Sistema Scada Para El Control De Caudal Basado En Linux, Tesis de Grado, UNIEXPO

posibilidad de una interacción tangible con este tipo de procesos y su aplicabilidad en la industria. (Jaramillo, 2010)

En general, el sistema SCADA cumplirá tres funciones:

- Adquisición de datos, para recoger, procesar y almacenarla información recibida.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables del proceso.
- Control, para modificar la evolución del proceso, actuando, bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), o sobre el proceso mediante las salidas conectadas. ISSN 0122-056X X 200 EDICION 66.

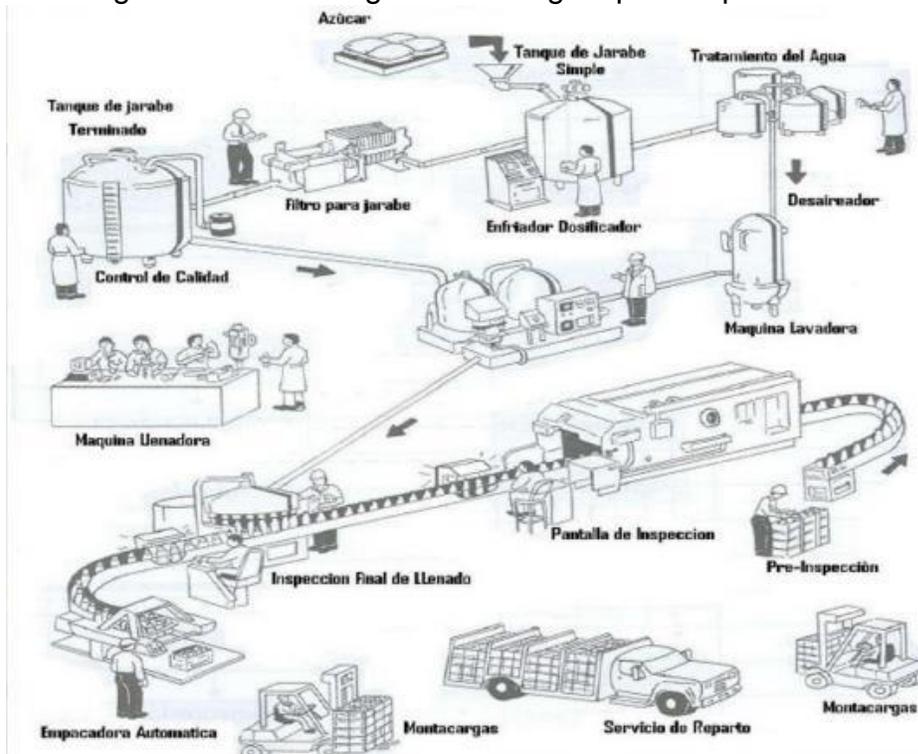
5. DISEÑO METODOLÓGICO

De acuerdo con lo estimado en el anteproyecto el diseño metodológico se presenta de manera secuencial, esto quiere decir que cada una de los aspectos relevantes del proyecto será una consecuencia de la correcta realización de la etapa inmediatamente anterior, no obstante se mantiene la premisa de que si es necesario una retroalimentación a la etapa anterior ésta se realizará con el fin de corregir los errores que se presenten en el plan de acción del mismo; para lo anterior y en cumplimiento de los objetivos se presenta el desarrollo de las siguientes etapas.

5.1 Análisis del proceso

En el desarrollo de procesos automatizados se ha escogido el proceso de fabricación, embasamiento y sellado de productos gaseosos, este proyecto parte desde la mezcla de elementos ya existentes como los jarabes con el agua, para ello se determina el proceso a construir basado en el marco teórico y la consulta del estado del arte dedicado a la producción a pequeñas cantidades, el proceso escogido se ejemplifica a continuación:

Figura 12. Proceso general escogido para implementar



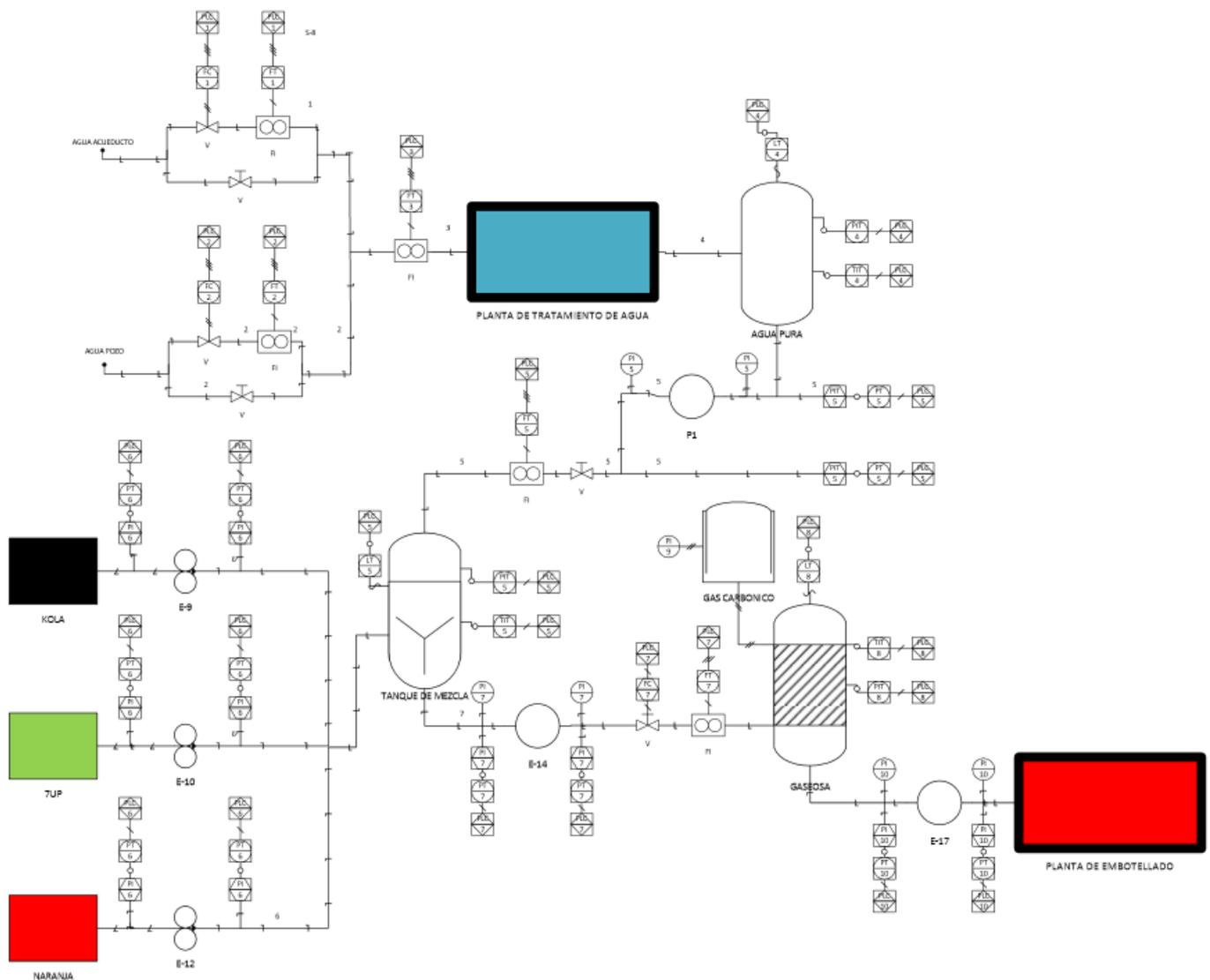
Tomado de: <http://es.slideshare.net/PedroGuerrero6/plan-de-negocios-aspecto-technico-sena-cga>

La siguiente etapa a evaluar es el estado del arte, este está inmerso en el marco teórico y anuncia los proyectos realizados que se enfoquen a este tipo de desarrollos, partiendo de una celda de manufactura presentada por módulos.

5.2 Descripción funcional del proceso

La figura siguiente representa el diagrama resultante elaborado según el proceso de fabricación de gaseosa.

Figura 13. P&ID general del proceso de fabricación



Tomado de: Autores

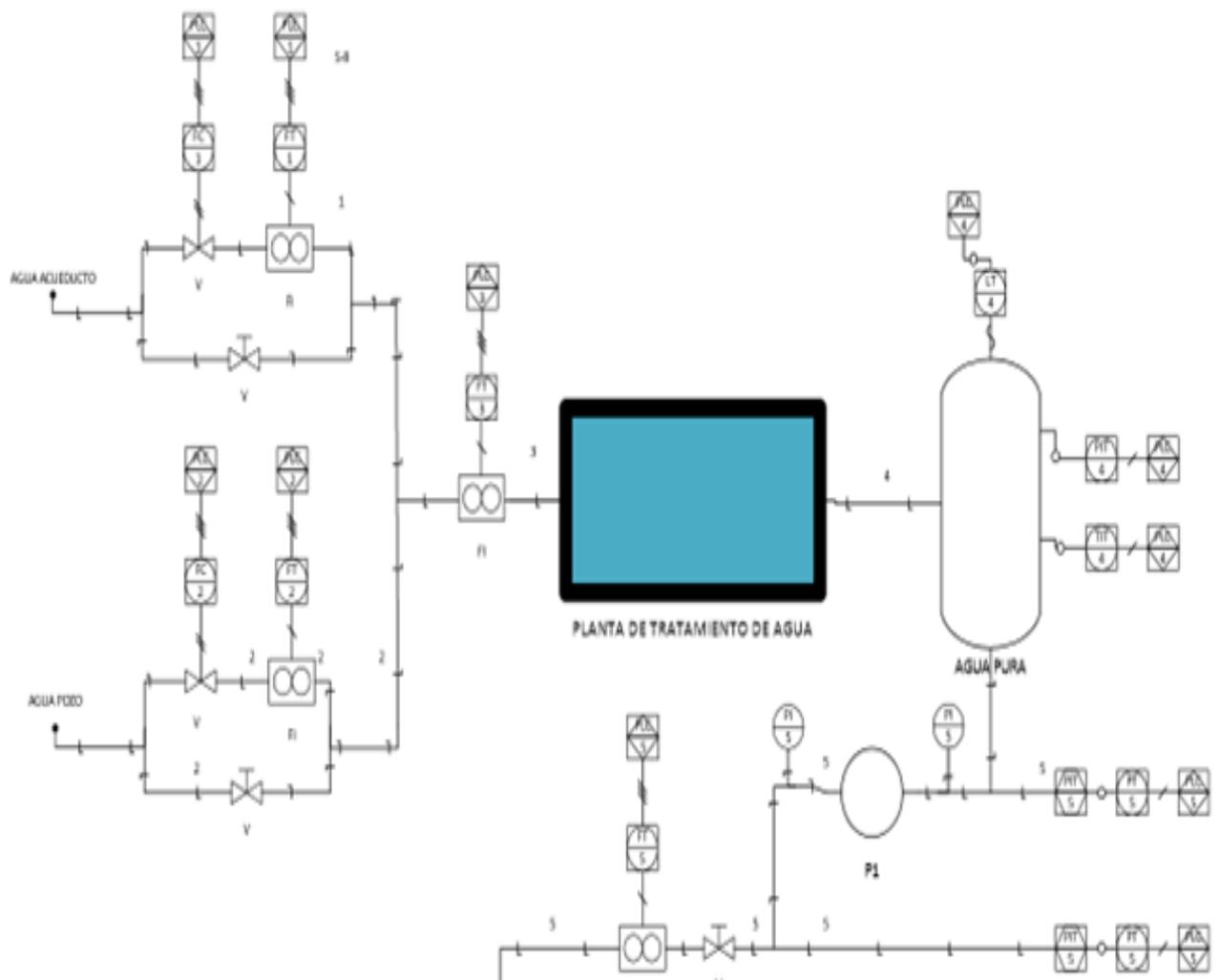
Para su simulación la planta fue dividida en varias partes las cuales son:

- Procesamiento de Agua.
- Preparación de Jarabe.
- Mezcla de Jarabe y CO₂.

5.2.1 Procesamiento de agua

Según la figura el diagrama P&ID propuesto representa en primera instancia la selección de agua para su utilización dentro del proceso, el sistema cuenta con dos válvulas que permiten el control de paso desde un pozo subterráneo o desde la tubería del acueducto, seguidamente pasa a una planta de tratamiento donde es filtrada para eliminar impurezas y por último se almacena en un tanque destinado para su reposo hasta que sea requerida en el proceso.

Figura 14. P&ID procesamiento del agua

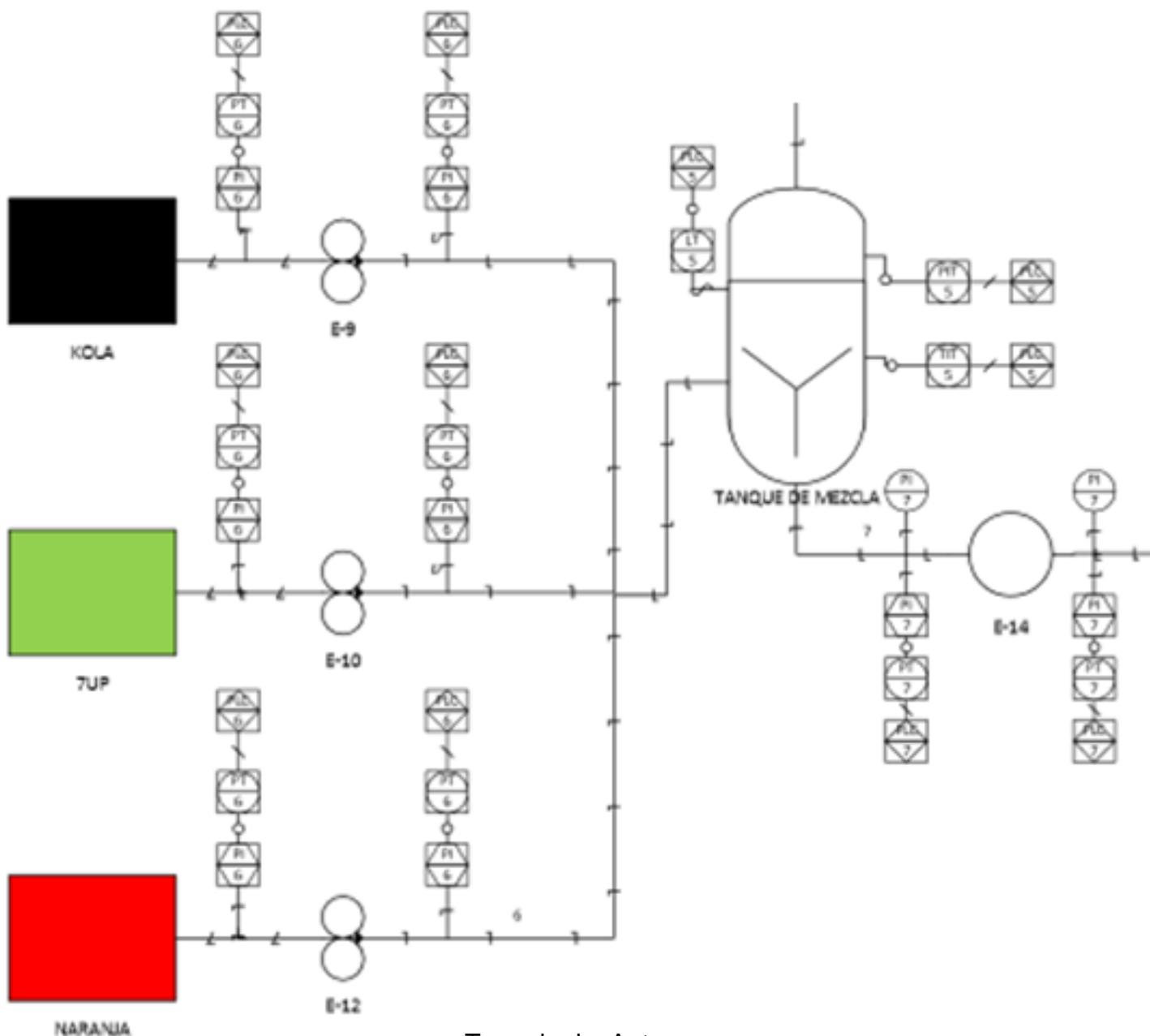


Tomado de: Autores.

5.2.2 Preparación de Jarabe

Dentro de la planta se encuentran 3 tanques los cuales almacenan en su interior tres tipos de jarabe entre los cuales se tiene: Kola, 7up y Naranja los cuales se mezclan con agua en un tanque contenedor de reactivo y esto se hace con ayuda de un agitador, la mezcla dura un tiempo dentro del tanque mientras es mezclada y llevada a temperatura ambiente.

Figura 15. P&ID mezcla de jarabe

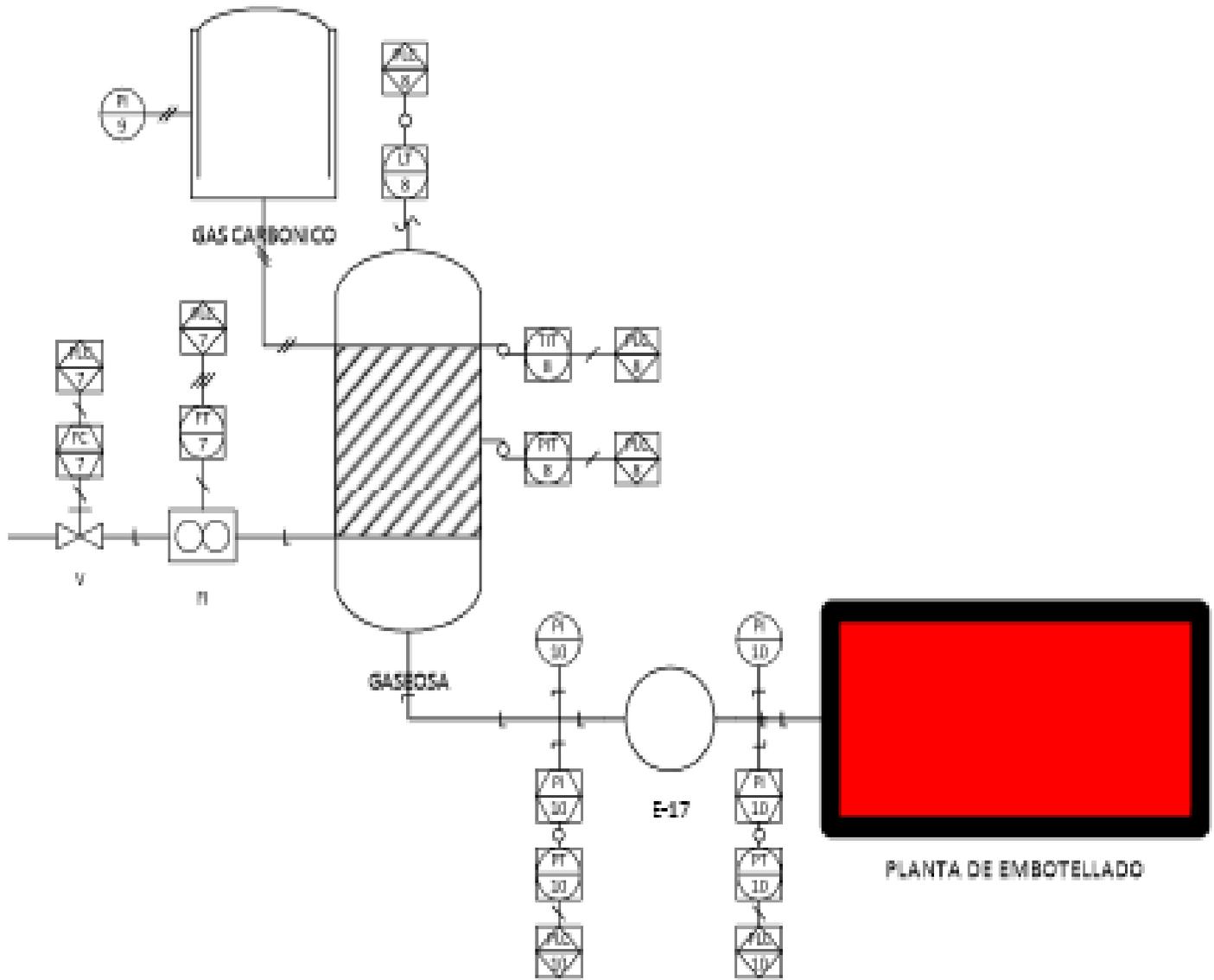


Tomado de: Autores

5.2.3 Mezcla de Jarabe y CO2.

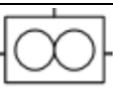
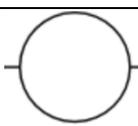
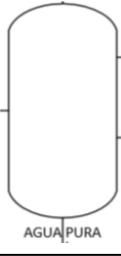
Una vez la mezcla es llevada a temperatura ambiente pasa a un nuevo contenedor donde se agrega CO₂ en estado gaseoso para posteriormente pasar a un proceso de embotellado (Ver fig. 22) y ser empacado como producto final en la línea de producción.

Figura 16 Embotellado



Tomado de: Autores

Tabla 1. Tabla de símbolos

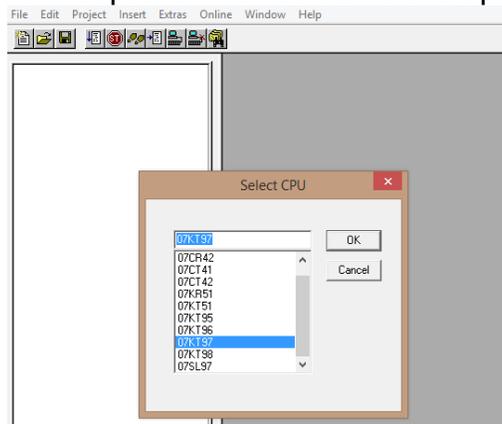
	Salida hacia PLC
	Transmisor de Presión
	Transmisor e indicador de presión
	Transmisor e indicador de temperatura
	Transmisor de nivel
	Transmisor de Flujo
	Flujo metro
	Válvula proporcional
	Transmisor de Flujo
	Bomba
	Tanque
	Bomba de paletas

Tomado de: Autores

5.3 Desarrollo del SCADA del proceso

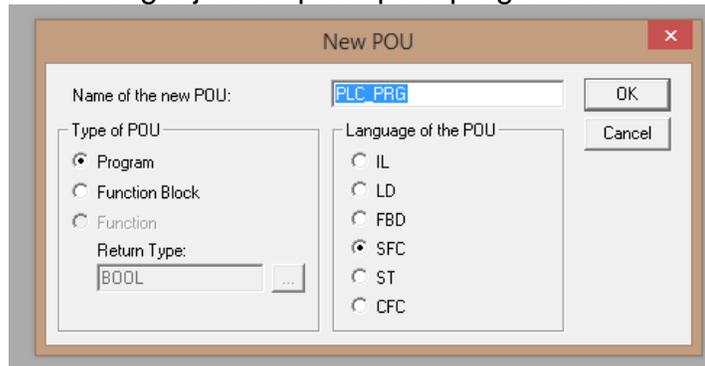
A continuación se presenta el diagrama de adquisición, supervisión y control del proceso, en esta sesión se presentará gráficamente la solución propuesta paso a paso y al final la unificación de cada sesión; el criterio de escogencia del software de simulación hace referencia al software presentado durante la etapa de formación del pregrado, este software es propiedad originalmente de la fábrica alemana ABB, pero posteriormente saldría al mercado de manera abierta con el nombre de Codesys logrando interactuar con otras tecnologías de automatización igual de representativas en la industria.

Figura 17 a. Inicio del proceso de simulación empleando motor o cpu de ABB



Tomado de: Autores

Figura 17 b. Lenguaje a emplear para programación de los dispositivos



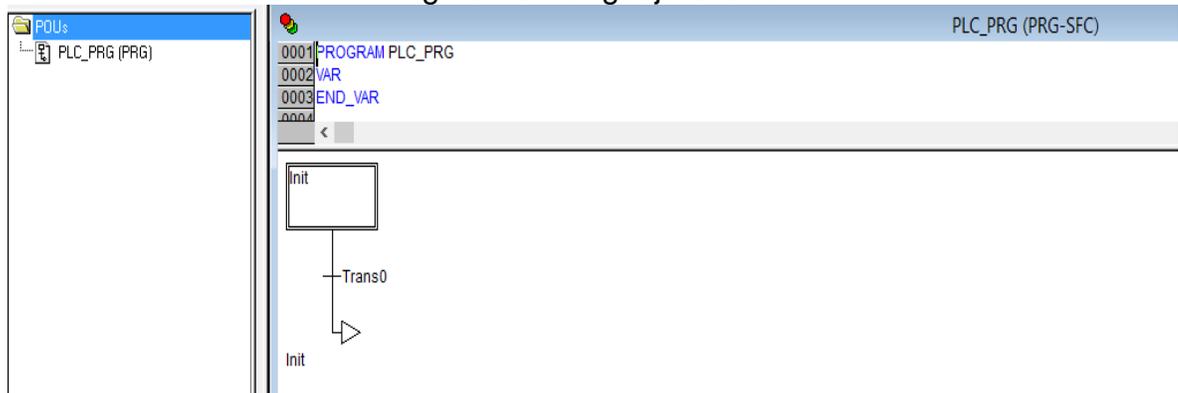
Tomado de: Autores

Es importante resaltar que la simulación será presentada de manera gráfica con el desarrollo de la programación de dispositivos y procesos bajo lenguaje GRAFCET⁶ este Software permite la programación de eventos y dispositivos por medio de los lenguajes de programación del PLC⁷ (Ladder, IL, ST, FBD, SFC), para este caso se empleará el lenguaje SFC que es el lenguaje representativo de proyectos en la industria

⁶ <http://stephane.dimeglio.free.fr/sfcdedit/en/index.html>

⁷ Gutierrez, Humberto, Automatización Industrial – Universidad Distrital Francisco José de Caldas

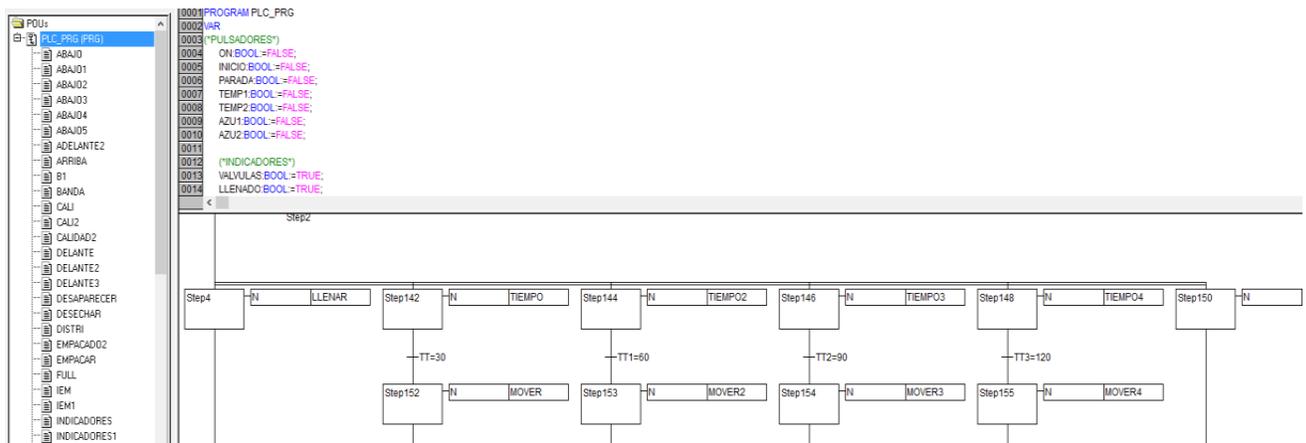
Figura 18. Lenguaje Grafcet



Tomado de: Autores.

En la anterior figura se da inicio al proceso de simulación empleando el lenguaje Grafcet que consta de etapa y transiciones; adicionalmente emplea código C de alto nivel para la asignación y programación de algunas rutinas, a este tipo de lenguaje se le conoce como Texto Estructurado (ST, por sus siglas en inglés), de acuerdo con lo anterior el desarrollo del proyecto se realizará con los dos lenguajes de programación propuestos por medio de rutinas, donde cada etapa y transición tendrá dentro de sus acciones rutinas hechas bajo código C que permitirán evitar el recurso gastado en procesos recurrentes, tal es el caso como si se presentara en código de bajo nivel.

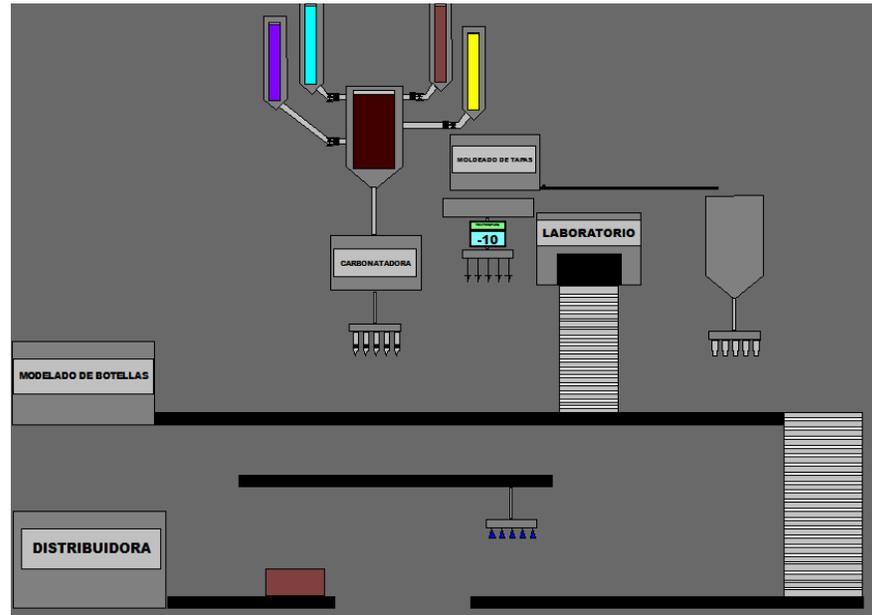
Figura 19. Una breve mirada al desarrollo en ST y Grafcet



Tomado de Autores.

Una vez construidas todas las rutinas y asignadas las variables del proceso a los objetos donde se construye el entorno de simulación, se desarrolla en alto nivel la solución al problema, como se mencionó por etapas, quedando de la siguiente manera el entorno gráfico Scada del proceso.

Figura 20. Construcción del Scada del proceso



Tomada: Autores

La Figura 20 presenta la solución propuestas del proceso de la fábrica de gaseosas con cada una de las etapas mencionadas en la descripción, es importante mencionar que este modelo está fuera de escala en el tamaño y en la ejecución de la simulación está amplio el tiempo de desarrollo de fabricación; la descripción de este proceso es la siguiente:

- Las botellas, limpias y vacías son transportadas por medio de una banda transportadora en grupos de 5 unidades.
- Paralelo a lo anterior, en los tanques se está preparando por lotes de producción de un solo sabor, esto será mezclando volúmenes de agua con el jarabe en condiciones de temperatura y presión⁸.
- Cada grupo de botellas será transportada hacia la etapa de llenado por parte de un dosificador que previamente ha recibido el líquido preparado con jarabe y agua.

⁸ <http://sistemasproductivos2014.blogspot.com.co/2014/04/industria-de-bebidas-gaseosas-aspectos.html>

- Al llenarse las botellas, pasan por una etapa de revisión de nivel de botella y de temperatura del líquido propicia para envasar y posteriormente sellar; si este proceso no se cumple y la calidad del producto no es la esperada, el producto será dirigido a una zona de vaciado del contenido de las botellas y éstas pasarán a revisión y purificación; pero si las condiciones de temperatura y azúcar están dentro de los parámetros estimados el producto saldrá a la zona de sellamiento.
- Una vez en la zona de sellamiento, las botellas serán desplazadas a la zona de almacenamiento y transporte del contenido para luego ser comercializadas.

5.4 Visualización y control del proceso

Para lograr ejecutar un proceso de automatización en la industria y como parte funcional del mismo está la supervisión y el control a través de una interfaz de usuario que se conoce como HMI, éstas son pantallas donde se programan los comandos que gobiernan el desarrollo de un proceso industrial, esto quiere decir que en las pantallas se tendrán controles de inicio, de proceso y de parada de emergencia, para el caso de desarrollo de la fábrica de gaseosas se emplearan pantallas Weintek compatibles con todo fabricante o las Simatic de Siemens igual compatibles y que están dentro del software de simulación de ABB o de la Suite integrada de Siemens, TIA Portal.

Figura 21. Diseño de pantalla HMI software ABB



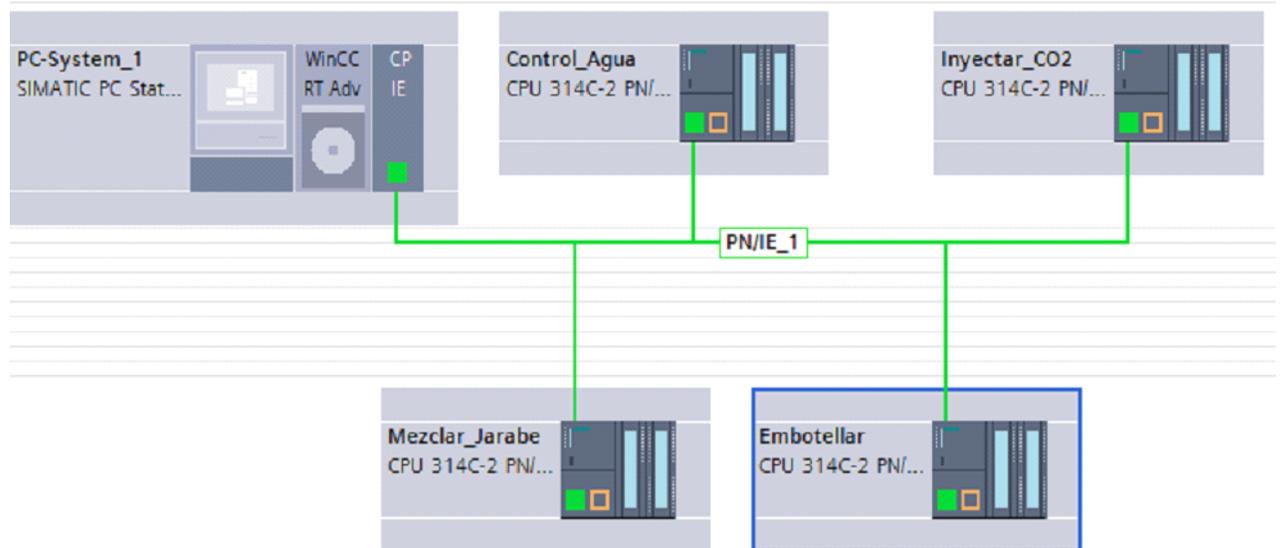
Tomada de: Autores

En la figura anterior se presenta el diseño de una pantalla de Interfaz Humano Máquina, esta interfaz es la encargada de dar inicio y parada del proceso en cualesquier momento, como lo que se conoce en la industria y es vital, la parada de emergencia; así mismo dentro del panel se visualizan las condiciones de temperatura y nivel de botella, los dos determinantes de mayor importancia para la elaboración del producto y el envasado del mismo.

5.5 Comunicación entre control y acción⁹

Para hablar de comunicación a nivel industrial es necesario recurrir a los conceptos más relevantes del área de las redes, como por ejemplo las topologías de redes y los protocolos que muy poco se conocen a nivel industrial, para este caso de desarrollo se implementarán una red con topología en bus.

Figura 22. Topología para la comunicación entre dispositivos



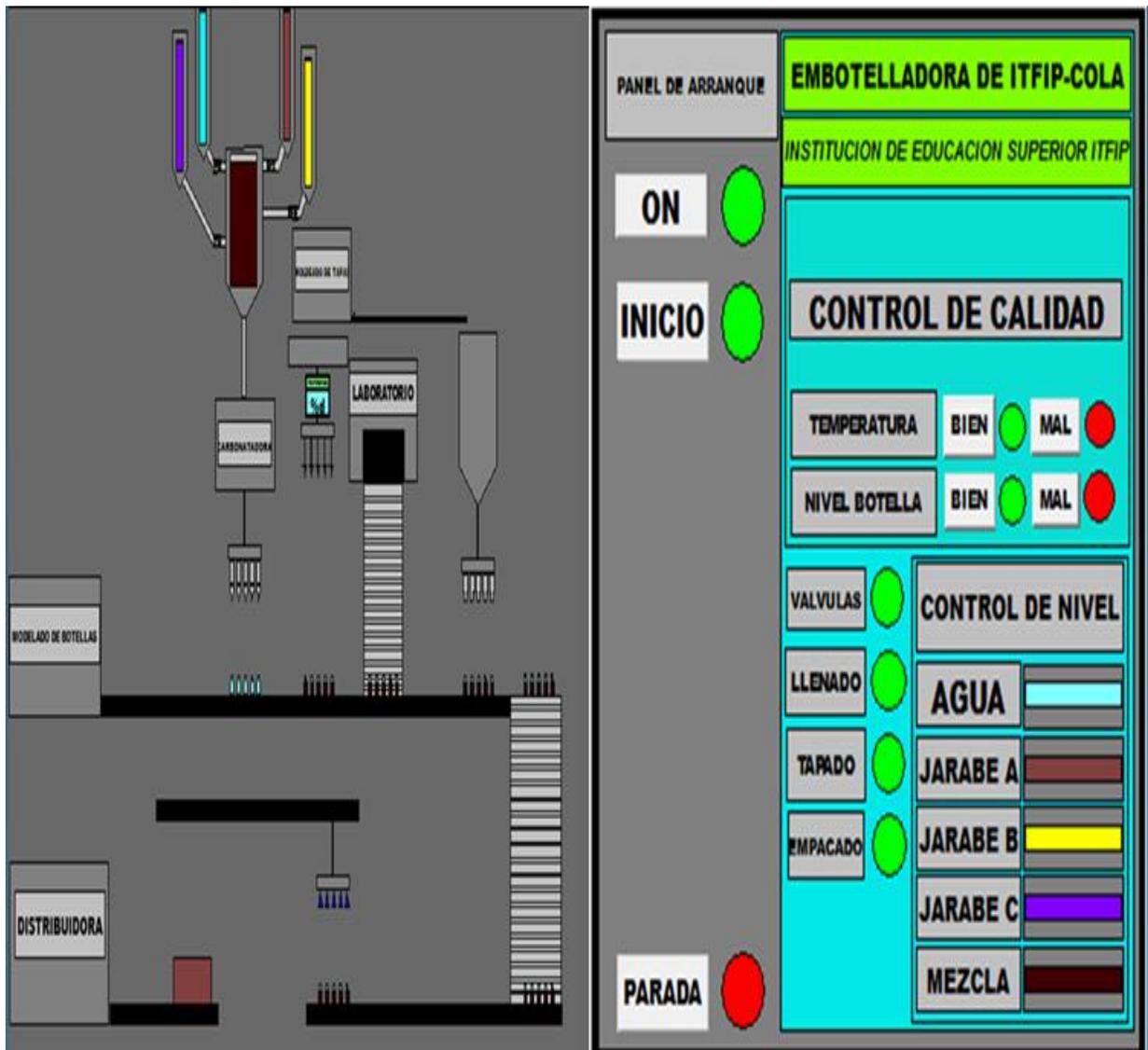
Tomado de: Autores

De acuerdo con lo anterior en la implementación del proyecto se espera que este se realice con la configuración en bus donde los dispositivos estarán conectados y tendrán comunicación entre sí pero con un administrador de la red que en este caso será un router físico y el sistema PC que es el que comandará todos los procesos y recibirá los datos de cada una de las estaciones, mientras que el router físico será quien proporcione el direccionamiento de cada estación y gestione el enrutamiento entre cada una de ellas.

De acuerdo con lo anterior el sistema general implementado será el mostrado en la figura 23, este se presentará en modo simulación y será la presentación formal que se realizará para el productor interesado en realizar el emprendimiento de su empresa y se complementa con el listado de equipos a emplear en el área de automatización.

⁹ Tia Portal V13.0

Figura 23. Esquema general de proceso de producción, envasado y sellado de gaseosas por medio de un sistema de visualización Scada con pantalla HMI



Tomada de: Autores.

6. ELEMENTOS PROPUESTOS DE LA SOLUCIÓN

De acuerdo con la solución planteada, se listara en la tabla número 2 los elementos propuestos para la implementación del proyecto de fabricación, envasado y sellado de gaseosas,

Tabla 2. Elementos propuestos de la solución

Elemento	Description
Embotelladora	El dispensador de botellas vacías que vendrán esterilizadas previamente.
Tanques	Se emplearán tres tanques que contienen jarabe y un tanque que contenga agua.
Carbonatadora	Elemento encargado de la mezcla de jarabe y agua a condiciones apropiadas para producción.
Moldeado de tapas	La máquina que realizará el adecuado de polímeros para la realización de las tapas que sellarán las botellas.
Selladora	Maquina encargada del sellado de las botellas
Sensores de verificación	Encargados de verificar las condiciones temperatura y nivel de botella antes de ser sellado
Bandas transportadoras	Se emplearán cuatro bandas transportadoras para el des

Tomado de: Autores

7. CRONOGRAMA

A continuación se presenta el cronograma de la ejecución del proyecto tan solo en su fase de desarrollo de la simulación, la implementación del mismo llevará otras variables a tener en cuenta como lo son adecuación de la locación, conexiones, pruebas de funcionamiento y demás

Tabla 3 Cronograma De Actividades

ACTIVIDAD A DESARROLLAR	TIEMPO (Semanas)												
Identificación del problema	x	x											
Revisión bibliográfica y estado del arte	x	x	x										
Planeación de la solución				x	x	x	x	x					
Diseño de la solución – simulación								x	x	x	x		
Documentación y entrega								x	x	x	x	x	x

Tomado de: Autores

CONCLUSIONES

- De manera general, la simulación realizada mediante sistema Scada es una aproximación precisa al proceso en la realidad, de éste parte el contexto global de la solución y de aquí se logra percibir los alcances y limitaciones que se tengan a la hora de realizar la ejecución del mismo.
- El sistema Scada junto con la pantalla HMI permite tener el control completo del proceso sin tener la inferencia directa en la dinámica de la producción, lo que ha causado la disminución de personal humano en la industria.
- Se trabaja conjuntamente los Softwares de simulación de ABB y Siemens con el fin de evidenciar el manejo de ambas plataformas como ejemplo a la hora de desenvolverse en la industria en el quehacer profesional.
- Es importante reconocer las características de las topologías a utilizar para la conexión de equipos, esto debido al número de elementos que pertenezcan a la red y la función que cada uno cumplirá dentro de la red, por esta razón y por los referentes de conexión en la industria que se usan actualmente, la topología más adecuada fue la conexión en bus.
- La ventaja de operar en protocolos TCP/IP es que permiten la programación y direccionamiento por medio de la misma interfaz y no se necesitan ser retirados del proceso para realizar la programación o mejoras, de acuerdo con esto los puertos de comunicación han migrado de ser seriales a irse convirtiendo en Ethernet.
- La pertinencia del proceso escogido es acorde con la propiedad modular que este tiene y que encada una se pueden monitorear diferentes variables de relevancia, Como medir temperatura, caudal, nivel de fluido son todas estas una representación del manejo de instrumentación en la industrias.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones propuestas son:

- Es importante que al implementar el sistema físico, que algún empresario se decida por hacerlo, se debe tener en cuenta las dimensiones físicas que necesitan las máquinas para desarrollar la labor.
- Las dimensiones antes solicitadas deben estar representadas en un diagrama CAD que permita visualizar el espacio y la ubicación de todos los equipos como parte de un plano general de la planta.
- Es importante indagar sobre los fabricantes de dispositivos de redes y comunicaciones Como Cisco, conectores y cables para la implementación de la red física, que permitan la gestión y el diseño bajo parámetros de seguridad y eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Montes Pita, María José, (2008). Análisis y propuestas de sistemas solares de alta energía que emplean agua como fluido calorífero, Tesis de Grado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- [2] Mario Alberto, Salazar Barreto, (2007), Modulo De Instrumentación Virtual Para Torres De Perforación Petrolera, Tesis de Grado, Universidad Distrital.
- [3] Sánchez Briceño, Gabriel (2007) Desarrollo De Sistema Scada Para El Control De Caudal Basado En Linux, Tesis de Grado, UNIEXPO.
- [4] Sondar. (2009). Ultrasonic Level Meter. SLM-600 Plus Series. Recuperado de: <http://www.instrumart.com/assets/SLM600V2-manual.pdf>
- [5] The Orellana Canal Project: Using Multiple Acoustic Doppler Instruments to Precisely Monitor Flow in Shallow Irrigation Channels.
- [6] N.S. Nise. "Sistemas de Control para Ingeniería". Ed. CECOSA, México 2002
- [7] Warchol, E. J. et al. (1971) Alinement and modeling of hanford excitation control for system damping. In: Power apparatus and systems, IEEE Transactions on.
- [8] Rivera, D.E., M. Morari y S. Skogestad; "Internal model Control 4. PID Controller Design", Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.(EUA), Vol. 25, pag. 252 – 285, 1986.
- [9] Techmation, Inc.; "PROTUNER 32 Application Manual", Enero 1999.
- [10] Manual del sistema de automatización Simatic S7 300.