

**ESPECIFICACIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIONES ENTRE EL
SISTEMA DE CONTROL REGULATORIO Y EL SISTEMA DE CONTROL
AVANZADO DE MEZCLAS DE UNA REFINERÍA**

**VANESSA ESTHER FIGUEROA MARRUGO
JOSE CARLOS VALDELAMAR ALVARADO**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
MECATRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS**

2003

**ESPECIFICACIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIONES ENTRE EL
SISTEMA DE CONTROL REGULATORIO Y EL SISTEMA DE CONTROL
AVANZADO DE MEZCLAS UNA REFINERÍA**

VANESSA ESTHER FIGUEROA MARRUGO

JOSE CARLOS VALDELAMAR ALVARADO

**Monografía, presentada para optar al título de ingeniero Electricista y
Electrónico.**

Director:

JAIME ARCILA IRIARTE

Ingeniero Electricista.

M.S.C.

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y

MECATRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS

2003

Cartagena de Indias, mayo 30 de 2003

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica.

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Estimados Señores:

De la manera más cordial, nos permitimos presentar a ustedes para su estudio, consideración y aprobación de la monografía titulada **“ESPECIFICACIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIONES ENTRE EL SISTEMA DE CONTROL REGULADOR Y EL SISTEMA DE CONTROL AVANZADO DE MEZCLAS DE UNA REFINERÍA”**, la cual es presentada para obtener el título de Ingeniero Electricista y Electrónico.

Esperamos que este proyecto sea de su total agrado.

Cordialmente,

VANESSA E. FIGUEROA MARRUGO

C.C. 45 529 028 de Cartagena

JOSE C. VALDELAMAR ALVARADO

C.C. 8 851 639 de Cartagena

Nota de aceptación

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, mayo 30 de 2003

A Dios, por haberme permitido realizar mi sueño de ser una Ingeniera Electricista y espero me siga guiando para ejercer con ética y grandeza mi carrera como profesional.

A mis padres, quienes desde niña alimentaron mi sueño con sus consejos, dedicación y apoyo incondicional imprimiéndome fortaleza en los momentos difíciles para continuar hasta alcanzar la meta propuesta.

A mi hermano, quien con su ejemplo y sus críticas constructivas siempre me motivó a ser exigente conmigo misma para mejorar cada día.

A mis amigos, de quienes siempre he recibido afecto y comprensión.

Y a mi novio, quien pacientemente me acompañó algunas veces con sus conocimientos y otras con su presencia impulsándome siempre a seguir adelante.

Vanessa Figueroa.

Agradecemos a nuestros profesores, quienes no se limitaron únicamente a transmitirnos sus conocimientos para contribuir con nuestro desarrollo como futuros profesionales, sino que fueron maestros de vida ayudándonos a crecer como seres humanos.

Y de manera especial, agradecemos a nuestro director de monografía, Jaime Arcila Iriarte quien con su experiencia y dedicación nos guió para desarrollar este trabajo que nos permite ostentar hoy a nuestro título como profesionales.

Vanesa Figueroa

José C. Valdelamar

CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN	
1. SISTEMA DE MEZCLAS DE UNA REFINERÍA DE PETRÓLEOS	20
1.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE CONTROL DE MEZCLAS.	20
1.2 GENERALIDADES DEL PROCESO DE MEZCLADO DE UNA REFINERÍA DE PETRÓLEOS	22
1.2.1 <i>Blender</i> y fraccionador de crudo	23
1.2.2 <i>Blender</i> de gasolina	24
1.2.3 <i>Blender</i> de <i>diesel</i>	26
1.2.4 <i>Blender</i> de <i>fuel oil</i>	27
1.3 SISTEMA DE CONTROL DE <i>BLENDING</i> .	29
1.3.1 Sistema de Control Regulatorio de <i>Blending</i> (RBC)	29
1.3.2 Sistema de Control Avanzado de <i>Blending</i> (ABC).	34
1.4 BASE DE DATOS RELACIONAL DE <i>BLENDING</i> E INTERFASE DE COMUNICACIONES.	38
2. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA INTERFASE DE	

COMUNICACIONES.	44
2.1 REQUERIMIENTOS DE LA INTERFASE.	44
2.1.1 Modelo de datos del Módulo Interfase de la Base de Datos Relacional de <i>Blending</i>.	45
2.2 CRITERIOS DE DISEÑO	55
3. DESARROLLO DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIONES ENTRE EL RBCY EL ABC.	61
3.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS	61
3.2 VALIDACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN	63
4. CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	70

LISTA DE GRÁFICAS

	pag.
Figura 1. Sistema típico de mezclado	21
Figura 2. Diagrama de bloques del Sistema de Control de <i>Blending</i> .	40
Figura 3. Modelo de datos del módulo Interfase de la BDRB.	46
Figura 4. Entidad Sistema_Interfazado	47
Figura 5. Entidad Tipo_Sistema	48
Figura 6. Entidad Bloque	49
Figura 7. Entidad Atributo	49
Figura 8. Entidad Tipo_Dato	50
Figura 9. Entidad Tipo_Sistema_Bloque_Atributo	51
Figura 10. Entidad Gateway	52
Figura 11. Entidad Modo	53
Figura 12. Entidad Grupo_TAG	53
Figura 13. Entidad TAG	54
Figura 14. Acceso a las Bases de Datos	57
Figura 15. Multigateway	57
Figura 16. Estructura del proceso	58

LISTA DE ANEXOS

	pag.
ANEXO A. Flujograma de Identificación de Procesos.	71
ANEXO B. Diagrama de Flujo Hilo Principal.	72
ANEXO C. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTCE.	73
ANEXO D. Diagrama de Flujo Hilo Final GTCE.	73
ANEXO E. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTCS.	74
ANEXO F. Diagrama de Flujo Hilo Final GTCS.	74
ANEXO G. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTEE .	75
ANEXO H. Diagrama de Flujo Hilo Final GTEE.	75
ANEXO I. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTES.	76
ANEXO J. Diagrama de Flujo Hilo Final GTES.	76
ANEXO K. Problema de Sincronismo	78
ANEXO L. Segundo Método para Manejar Grupos de TAG's en Modo Cíclico	79

GLOSARIO

Analizadores de propiedades: estos instrumentos están físicamente instalados en el campo, pero sus funciones usualmente son de utilidad para el Sistema de Control Avanzado. Se encargan de analizar y medir propiedades en componentes y productos.

Bombas: equipos que transportan los componentes hacia el cabezal de mezcla, pueden existir una o más bombas por cada estación de bombeo, cada bomba recibe una señal de encendido o apagado proveniente del DCS cuando se requiera de su funcionamiento.

Cabezal: es la tubería a través de la cual se transporta un componente hasta llegar al cabezal de mezcla.

Medidores y transmisores de flujo: son instrumentos encargados de medir el flujo volumétrico de los componentes que están pasando por cada cabezal, y transmitir la señal al DCS.

Medidores y Transmisores de nivel: encargados de medir y transmitir el nivel de líquido que esta contenido en cada tanque.

Medidores y transmisores de temperatura: son los encargados de medir la temperatura y transmitir la señal correspondiente al DCS, para que la medida de flujo sea compensada.

Mezcla: consiste en la unión de dos o más ingredientes en proporciones tales que el producto final tenga ciertas propiedades y una calidad deseada, que no poseen los ingredientes individuales. Aunque la mezcla tiene mucho de arte y ciencia, los procedimientos matemáticos le permiten al refinador predecir en muchas ocasiones con exactitud aceptable las proporciones de los componentes que determinan la calidad deseada en el producto final. Se evita así el procedimiento de ensayo y error, y las pérdidas a que este conlleva.

Mezclador: es la tubería donde se inicia el proceso de mezclado de los componentes que cuenta con un mezclador estático cuya función es homogeneizar la mezcla.

Sistema de Control Avanzado de Mezcla (ABC): sistema de control que interactúa con el sistema de control regulatorio para cumplir con las necesidades de calidad y rentabilidad de producción en una forma equilibrada.

Sistema de Control Regulatorio de Mezcla (RBC): sistema de control cuya función principal es regular los flujos de los componentes de la mezcla.

Sistema de Mezclado o “Blender”: un sistema de mezclado está constituido por un conjunto de equipos e instrumentos cuya función es llevar a cabo los procesos de mezclas.

Switches de baja presión: son dispositivos instalados en la línea de succión de cada bomba, que cumplen la función de protegerla contra pérdida de flujo proveniente del tanque de componente asociado enviando una señal hacia el DCS para que en este se genere una señal que detenga el funcionamiento de la bomba.

Tanques de Componente: están encargados de almacenar los diferentes componentes que se generan en las plantas de procesos.

Tanques de Productos: están encargados de almacenar los productos terminales que se generan al realizar los procesos de mezcla.

Válvulas de control de flujo: dispositivos actuadores encargados de regular el flujo volumétrico, de cada componente que va hacia el cabezal de mezcla, reciben señales provenientes del DCS.

Válvulas de control de flujo de recirculación: actuadores encargados de controlar el flujo volumétrico que se recircula en cada cabezal, reciben señales provenientes del DCS.

Válvulas motorizadas (MOV): dispositivos actuadores utilizados para la selección de los distintos tanques de componentes, bombas y tanques de productos, que operan a través de señales provenientes del DCS.

RESUMEN

Los sistemas de mezclado de crudo y otros productos están conformados por una infraestructura de campo (tuberías, bombas, válvulas motorizadas, válvulas de control, medidores de flujo e instrumentación en general) y un Sistema de Control Regulatorio residente en un Sistema de Control Distribuido (DCS) que se encarga de mantener en proporción las cantidades de los componentes de una determinada mezcla.

Los Sistemas de Mezclado hasta el momento implementados cumplen parcialmente con el objetivo final de la Refinería, elaboraran una mezcla, pero no lo hacen en la forma más eficiente ya que no incluyen en su proceso de control variables que puedan determinar la mejor mezcla estableciendo una relación entre la calidad y la economía del producto, de tal forma que tanto la empresa como sus clientes se favorezcan. Para cumplir totalmente con el objetivo de la Refinería se hace necesaria la ejecución de un sistema adicional, el Sistema Control Avanzado de las propiedades de mezcla, el cual residiría en un servidor que deberá estar conectado en red con el DCS con el fin de establecer una comunicación continua.

La comunicación entre los Sistemas de Control Avanzado y Regulatorio de mezcla se hace posible a través de la implementación de una interfase que interactúe constantemente con las bases de datos que se encuentren en cada nivel, permitiendo de esta forma la lectura y escritura de datos entre ambos sistemas.

La interfase deberá cumplir con una serie de requerimientos que garanticen el dialogo continuo entre los sistemas y deberá especificarse bajo ciertos criterios desarrollados a partir de los requerimientos.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Mezclas de una Refinería está compuesto principalmente por una serie de equipos instalados en campo y un Sistema de Control Regulatorio que ejecuta las aplicaciones de mezclado de crudo y otros productos.

Debido a las deficiencias en el proceso que proporciona el Sistema de Control implementado, la Refinería ha considerado necesario optimizar el Sistema de Mezclado adicionando una segunda parte cuya función sería la ejecución del Control Avanzado de las propiedades de la mezcla, la cual, deberá comunicarse continuamente con el Sistema de Control Regulatorio.

Para lograr la comunicación entre los dos Sistemas de Control del Proceso de Mezcla, Regulatorio y Avanzado, se hace necesario e indispensable, especificar, diseñar, construir e implementar una interfase que permita el intercambio de información entre ellos, siendo el primer paso el principal objetivo de nuestro trabajo de investigación.

Este trabajo se encuentra dividido en cuatro partes o capítulos fundamentales.

En el primer capítulo se presenta un diagnóstico del sistema de Control de Mezclas de la Refinería. Inicialmente se realiza una descripción general del sistema esquematizándose los subsistemas que lo conforman. Posteriormente se describen detalladamente el Sistema de Control Regulatorio, el cual está implementado actualmente y el de Control Avanzado mencionando sus funciones principales, componentes y tecnologías que utilizan. Como núcleo de

este capítulo, se describe y se analiza la Base de Datos Relacional de *Blending* y su relación con la Interfase de Comunicaciones.

Debido a la magnitud del trabajo en cuestión y a la diversidad de parámetros que podrían ser objeto de estudio, se procedió a delimitar el problema lo cual se lleva a cabo en el segundo capítulo, donde se analizan detalladamente los requerimientos y criterios de la Interfase de Comunicaciones de *Blending* a través del análisis del modelo de datos del módulo Interfase de la Base de Datos Relacional de *Blending*.

Una vez desarrollados los parámetros fundamentales para el diseño se procede a realizar la especificación de la Interfase de Comunicaciones en el tercer capítulo en el cual se encuentra elaborado un flujograma y un diagrama de flujos que muestran paso a paso el funcionamiento de la interfase.

Finalmente en el cuarto capítulo se presentan unas interesantes conclusiones obtenidas del análisis desarrollado en éste trabajo.

1. SISTEMA DE MEZCLAS DE UNA REFINERÍA DE PETRÓLEOS

Este capítulo tiene como principal objetivo describir el Sistema de Mezclas de la Refinería a partir de sus generalidades, analizando cada una de las partes que lo conforman hasta enfocarse en el estudio de la Interfase de Comunicaciones con el propósito de delimitar la información y ubicarse contextualmente en el núcleo de la temática del presente trabajo de investigación.

1.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE CONTROL DE MEZCLAS

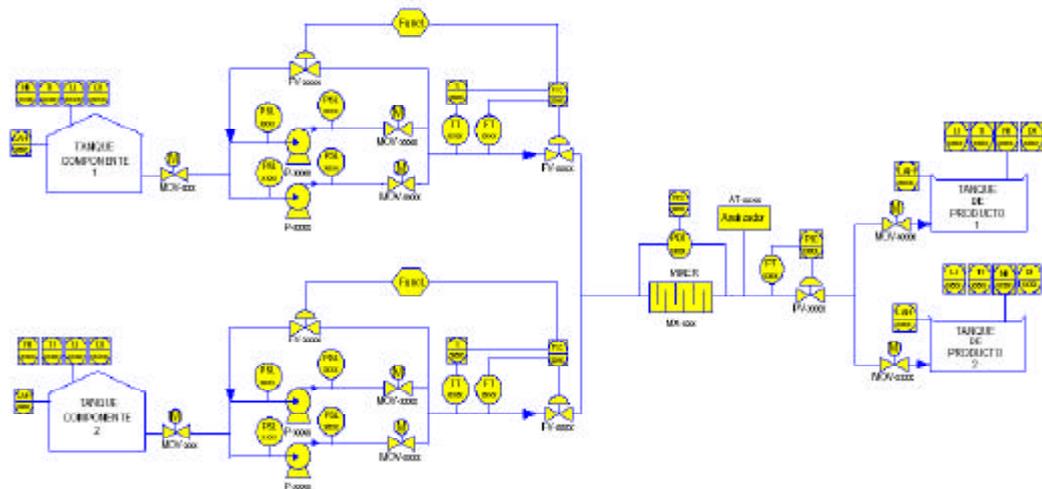
Un sistema de mezclado como su nombre lo indica, permite mezclar dos o más componentes que tienen propiedades diversas para obtener un producto con unas especificaciones de calidad previamente establecidas.

Típicamente un sistema de mezclado agrupa por cada componente; uno o más tanques (esto depende del volumen almacenado); una o más bombas (esto depende de la variabilidad de la receta calculada) y un lazo de control de flujo conformado por un sensor – transmisor de flujo y una válvula de control. Adicionalmente dispone de un conjunto de válvulas motorizadas en cada tanque y en cada cabezal de flujo para el control de inicio, finalización y segregación y una válvula controladora de recirculación para protección de las bombas cuando exista bajo flujo. Cada una de las estaciones de mezcla descarga sobre un cabezal que dispone de un mezclador estático y un conjunto de analizadores que miden y retroalimentan al sistema los

datos de calidad del producto mezclado. El mezclador permite controlar los flujos calculados de los componentes para obtener un producto dentro de sus especificaciones.

La figura 1 muestra cada uno de los elementos que conforman un sistema típico de mezcla de productos.

Figura 1. Sistema típico de mezclado.



La anterior infraestructura física es manejada por un Sistema de Control Distribuido (DCS) que mantiene en control la relación de flujos predeterminada con cada receta; sin embargo, debido a los cambios de calidad de los componentes que se van a mezclar y al alto número de propiedades que se desea controlar se presenta en realidad un caso de control multivariable con optimización si se quiere garantizar el cumplimiento en tiempo real de todas las especificaciones del producto dentro de los límites de todas y cada una de las especificaciones, minimizando la pérdida o regalo de calidad.

Para lograr este objetivo el sistema de control de mezclas debe disponer de un Sistema de Control Avanzado de propiedades con un optimizador el

cual se ejecuta periódicamente para calcular una receta óptima de mezcla a partir de: propiedades de cada componente, especificaciones de los productos, costo de cada unidad de calidad de componente, precio de los productos y restricciones del sistema. Cada componente tiene asociada una calidad y cada producto tiene asociada una especificación; son propiedades típicas el número de octano RON, el MON, la densidad, el IBP, el FBP, el RVP, los contenidos de azufre, benceno, aromáticos, oxigenados, el Punto de ablandamiento, el punto de chispa, etc.

Desde el punto de vista de control, un sistema de mezcla tiene dos niveles, uno de Control Regulatorio encargado de mantener en control los flujos predefinidos y uno de control avanzado y optimización encargado de mantener el control las propiedades o especificaciones de los productos para maximizar la ganancia o minimizar la pérdida o regalo de calidad.

1.2 GENERALIDADES DEL PROCESO DE MEZCLADO DE UNA REFINERÍA DE PETÓLEOS

Una Refinería de Petróleos comercializa principalmente tres productos que son el resultado de la mezcla de varios componentes que se obtienen a partir de las fracciones de destilado del crudo. Estos productos son:

- Gasolina.
- *Diesel.*
- *Fuel Oil.*

A continuación se realizará una descripción generalizada del funcionamiento de cada *Blender* y se mencionarán las propiedades y

componentes más importantes que se tienen en cuenta durante la ejecución de cada mezcla.

1.2.1 Blender y fraccionador de crudo: la función del mezclador de crudo consiste en la manipulación del crudo bruto para alimentar la unidad de proceso de crudo. La alimentación debe ser mezclada de acuerdo un °API específico y unas especificaciones de azufre.

El mezclador utiliza 3 tipos crudos:

- Crudo pesado
- Crudo LSC1 (Cusiana crudo)
- Crudo LSC2 (Caño Limón/ Orite crudo).

Los tres tipos crudos varían en su contenido de azufre y gravedad de °API

El petróleo que se obtiene del proceso de mezclado de crudo contiene una serie de productos en forma natural o cruda. Algunos de los productos solamente deben ser separados de los otros componentes en el fraccionador de crudo y endulzados para convertirse en productos finales tales como el keroseno, combustible *diesel*, propano y butano. En algunos casos varios de los componentes mencionados anteriormente se convertirán en materiales de alimentación de varios procesos de la Refinería en donde su estructura molecular es reorganizada. La torre de fraccionamiento de crudo se usa para separar en fracciones los hidrocarburos que tienen puntos de ebullición similares. Los hidrocarburos que hierven a bajas temperaturas, ascienden a la cabeza

del fraccionador; mientras que los hidrocarburos con punto de ebullición intermedios ascienden a la mitad del fraccionador y los hidrocarburos con punto de ebullición elevados permanecen en el fondo del fraccionador, obteniendo de esta forma diferentes productos a diferentes alturas. A los productos obtenidos se les denominan cortes laterales, los cuales a su vez son depositados en unos elementos llamados *strippers* de donde se obtienen finalmente los productos necesarios para la composición de los principales productos de comercialización.

1.2.2 Blender de gasolina: la Refinería dispone de un mezclador para producir dos clases de gasolina: Regular y *Premium* (Extra). El mezclador maneja un promedio de 30,000 barriles por día con una rata de mezclado hasta de 2000 barriles por hora. La tasa máxima del flujo del mezclador depende de la receta de la mezcla escogida.

El mezclador maneja 7 componentes:

- 1) Nafta Virgen (VN).
- 2) Nafta Craqueada liviana (LCN).
- 3) Nafta Craqueada Pesada (HCN).
- 4) Nafta Polímera.
- 5) Nafta Viscorreductora.
- 6) Nafta importada /Gasolina.
- 7) Butano.

Todo los componentes anteriores son producidos en las unidades de proceso de la Refinería con la excepción de la Nafta Importada /Gasolina.

Para medir las propiedades del producto, se utilizan cuatro analizadores en línea (*on line*) instalados en los cabezales de la mezcla:

- Analizador de NIR (*Near InfraRed*).
- Analizador de RVP (*Reid Vapor Pressure*).
- Analizador de Destilación;
- Analizador de Azufre.

El analizador de NIR mide varias propiedades:

- RVP
- RON, *Research Octane Number* : Número octano de Investigación
- MON, *Motor Octane Number* : Número de octano motor
- RDOI, Índice Promedio de Octano
- Cromatógrafo de destilación: 10%, 50%, 90% y punto final de destilación.
- Gravedad específica.
- Aromáticos
- Olefinas.
- Benceno.
- Oxigenantes.

Si el objetivo propuesto es “regalo mínimo de calidad” como función principal del optimizador del ABC, este procurará controlar la propiedad de RON en o cerca de su mínima especificación y la propiedad de RVP

en o cerca de su especificación máxima definida en la receta de la mezcla. El ABC también procurará controlar la propiedad de azufre en o cerca de su especificación máxima. Todas las demás propiedades pueden variar entre sus límites mínimo y máximo.

Por otro lado si el objetivo propuesto es “Obtener el máximo de ganancia” como la función principal del optimizador del ABC éste procurará programar las acciones de control basándose en los costos del componente y el producto para mantener todas propiedades dentro de su especificación límite.

1. 2.3 Blender de diesel: la Refinería dispone de un mezclador que se utiliza para producir tres (3) clases de *diesel*: *diesel* de exportación, *diesel* local y *diesel* marino. El mezclador maneja un promedio de 20,000 barriles por día en tasas hasta 1500 barriles por hora. La tasa máxima del flujo del mezclador depende de la receta de la mezcla seleccionada.

El mezclador maneja 6 componentes:

- 1) *Diesel* Bajo de Azufre (LSD)
- 2) *Diesel* Alto de Azufre (HSD)
- 3) ACPM de CIB
- 4) ALC L: Aceite Liviano de Ciclo Bajo.
- 5) ALC H: Aceite Liviano de Ciclo Alto.
- 6) Queroseno.

La mayor parte de estos componentes son producidos por las Unidades de Proceso de la Refinería. El componente de ACPM de CIB (Complejo Industrial de Barrancabermeja) es importado.

Tres (3) analizadores en línea (*on line*) instalados en los cabezales de la mezcla se usan para medir y controlar las siguientes propiedades de los productos:

- El punto de chispa.
- El punto de vertimiento.
- El contenido de Azufre

Estas propiedades son calculadas por ABC basándose en las características individuales del componente y los datos de laboratorio como:

- La gravedad específica
- Centeno
- Viscosidad.
- Porcentaje de recuperación @ 300 °C
- Porcentaje de recuperación @ 360 °C
- Punto de ebullición Final.

La exactitud del cálculo depende de la exactitud y el tiempo de los datos del laboratorio.

1.2.4 Blender de de fuel oil: la Refinería cuenta con un mezclador de *FUEL OIL*, que produce cuatro (4) tipos de este: *FUEL OIL* Pesado, IFO-180, SI-380 y *FUEL OIL* Bajo de Azufre. El promedio diario de mezcla es de

51,000 barriles por día en tasas hasta 12,000 barriles por hora. La tasa máxima del flujo del mezclador depende de la receta de la mezcla escogida. El mezclador maneja 6 componentes:

- 1) Componente de Alto de Azufre de Alta Viscosidad (HVHS).
- 2) Componente de Alto de Azufre de Baja Viscosidad (HVLS).
- 3) Componente de Bajo de Azufre de Alta Viscosidad (HVHS).
- 4) Componente de Bajo de Azufre de Baja Viscosidad (HVLS).
- 5) Componente Ligero de Aceite (LCO).
- 6) Componente KERO/ACPM.

Tres (3) analizadores en línea que se encuentran instalados en los cabezales de la mezcla miden y controlan las propiedades del producto, estos son:

- Analizador de Densidad (API)
- Analizador de Viscosidad
- Analizador de Azufre.

Los programas de El Control Avanzado de Mezclas (ABC) se utilizan para elaborar acciones de control para mantener las anteriores propiedades dentro de su especificación límite de acuerdo con las especificaciones de la receta. El ABC utiliza la realimentación de los datos de los analizadores y los datos de laboratorio de los componentes para calcular regularmente una receta óptima.

Por esta razón, los datos oportunos y exactos del laboratorio de todos los componentes deben estar disponibles en el sistema de información de laboratorio antes del inicio de cualquier mezcla.

1.3 SISTEMA DE CONTROL DE BLENDIG

1.3.1 Sistema De Control Regulatorio de *Blending* (RBC): el Sistema de Control Regulatorio de Mezclas hace parte del Sistema de Control Distribuido (DCS) implementado en la Refinería el cual está encargado de regular mediante lazos de control PID, el cumplimiento de cada uno de los flujos de componentes para que se obtenga el volumen de producto deseado.

El Sistema de Control Regulatorio de Mezclas está conformado por los siguientes equipos: Las tarjetas de entrada - salida (I/O's), un controlador AC-450, un módulo de manejo de información (IMS) *Advant Station* 500 IMS, una consola de operación AS-520 y una red de control con protocolo propietario MB-300 (*MasterBus* 300).

Con los anteriores componentes unidos se dispone en una red de control e información que permite el manejo de la entrada y salida de datos, el control de las variables de operación, el monitoreo de la operación, la recolección e historización de los datos de proceso y la configuración y administración del sistema; todo adecuadamente distribuido, geográfica y funcionalmente, con el propósito de lograr una operación segura y confiable de la planta de proceso configurada en el sistema.

El DCS maneja básicamente la siguiente infraestructura de mezclado: un conjunto de tanques asignados por cada componente y por cada producto, un conjunto de bombas para el movimiento de cada

componente, un lazo de flujo para el control de las cantidades aportantes de cada componente, un mezclador estático, un conjunto de analizadores de las propiedades relevantes de cada uno de los sistemas de mezcla y las válvulas motorizadas para corte y segregación de componentes y productos. Para esto dispone de equipos necesarios para recibir las señales y enviar los *Set Points* de los elementos de flujo instalados en campo (tarjetas de entrada salida); además se dispone del controlador encargado de manejar las estrategias de control de flujo; de la consola de operación del sistema y de las redes de comunicaciones entre los diferentes componentes.

Descripción de los componentes del RBC.

Controlador AC-450: corresponde a la sigla utilizada por ABB para referirse al módulo "*Advant Controller*" de su sistema de control distribuido. El controlador AC-450 es el procesador encargado del control de la operación. En él se configuran los diferentes lazos de control del proceso a partir de la selección y definición de parámetros de los algoritmos de control correspondientes (PID's) y de la definición de estrategias de lógica y secuencia correspondientes. Este controlador es programado en lenguaje AMPL.

Consola de operación AS-520: corresponde a la sigla utilizada para referirse a la estación de operación del sistema "*Advant Station*" módulo de estación de operación del DCS *Advant*. La consola de operación está conformada por una pantalla de visualización manejada por un módulo

procesador conocido como el AS-520, conectada a la red de control conocida como “*Master Bus 300*”.

Módulo de administración de la información (IMS) *Advant Station*

500: se refiere a *Information Management Station*, que corre bajo plataforma Unix HPUX. Este es el módulo de manejo de información del *Advant*. Básicamente es un procesador de mayor capacidad que se usa para aplicaciones de control avanzado o como en este caso, de interfase o *gateway* entre la red de control (MB300) y la red de planta donde están instalados los servidores o PC’s de control avanzado y cualquier otra aplicación de nivel superior.

Tecnologías utilizadas

DCS ABB *Advant* ABB corresponde a la sigla de *Asea Brown Boveri*, firma propietaria del sistema de control distribuido que está siendo instalado en la Refinería. Por su parte, *Advant* corresponde al modelo particular de DCS seleccionado para la Refinería.

MasterBus 300 (MB300): corresponde a la sigla de la red de control que comunica todos los componentes del sistema de control distribuido *Advant, Master Bus 300*. Usa un protocolo de comunicación propietario de ABB.

AMPL: el lenguaje propietario AMPL (*ABB Master Programming Language*) permite la configuración bajo un ambiente con representación gráfica, especialmente orientada hacia el proceso. Los bloques de

función ofrecen un alto nivel de configuración desde un sistema de control simple hasta uno altamente complejo.

La configuración se realiza por medio de bloques llamados “*PC Elements*”, o sea bloques de control de proceso específicos para cada aplicación de control de proceso que se requiera. El lenguaje AMPL contiene una gran variedad de “*PC Elements*” los cuales cubren un amplio rango de funciones tales como control de lógica y secuencia, manejo de datos y texto aritmético, reportes, control de posición y control regulatorio incluyendo bloques PID y control adaptativo con autosintonía. La programación en lenguaje AMPL también maneja una estructura de elementos lo cual conforma una estructura del programa de aplicación. Dentro del rango de estructuras de elementos se tienen elementos para control de secuencia, elementos para estructuración y ejecución del control y elementos para la estructura en sí. Un mayor nivel de la estructura en AMPL es conocido como programa AMPL o programa de control de proceso.

Los programas AMPL están divididos en unidades ejecutables las cuales pueden a su vez tener diferentes unidades ejecutables, cada una de ellas con diferente ciclo de tiempo de ejecución y diferentes prioridades. Esto significa que los programas AMPL pueden incluir funciones de control tanto rápidas como lentas.

Las entradas de proceso son escaneadas con el mismo mecanismo con que se escanean los programas AMPL; esto significa que si una señal es escaneada con el mismo ciclo de tiempo que su correspondiente PC, la

señal de entrada es siempre ejecutada y leída dentro del sistema antes que la correspondiente unidad de ejecución sea ejecutada. Por su parte las salidas de proceso son actualizadas inmediatamente después que la correspondiente unidad es ejecutada.

La sincronización entre I/O's y AMPL garantiza que para cada ejecución de un módulo las correspondientes entradas son leídas y las correspondientes salidas son actualizadas y todo dentro de un mismo ciclo.

API MB300: API significa *Application Programmers Interface* y MB300 corresponde a la red de control Master Bus 300. El "*Advainform User API*" suministra todos los servicios o funciones que permiten al usuario acceder los objetos del "*Advant*". Son básicamente librerías del sistema que permiten hacer uso de la programación de objetos.

El usuario puede desarrollar aplicaciones con lenguajes 3-GL, C y C++. Las librerías API suministran servicios de acceso a objetos y de soporte básico; por lo tanto, contienen funciones para leer, escribir y manipular los diferentes objetos del *Advant*, así como también suministra servicios de mensajería del sistema y manejo de fecha y tiempo.

El usuario de las librerías API tiene todas las herramientas requeridas para integrar diferente software de aplicación, ambiente para desarrollo de aplicaciones portables y portabilidad entre diferentes plataformas y versiones del "*Advant*".

En resumen, las librerías API permiten interfazar los programas de aplicación al nivel de usuario bien sea con los servicios de soporte

básico o con los objetos. En el caso de los objetos, dicho acceso es para el tipo de directorio o para los servicios de comunicación con el sistema.

1.3.2 Sistema De Control Avanzado de *Blending* (ABC): El ABC tiene como objetivo principal optimizar el proceso de mezclado mediante las propiedades, calidades y precios de cada componente, este sistema de control todavía no se ha implementado, pero se está llevando a cabo su diseño.

El control avanzado se configura en un servidor (típicamente un PC de alto rendimiento - buena capacidad y velocidad) el cual necesita de una interfase para comunicarse con el RBC, cuyas especificaciones son nuestro tema de investigación.

Es frecuente que el control avanzado se configure fuera de los módulos de control regulatorio debido a los altos requerimientos de procesamiento. Los *targets* u objetivos de control avanzado se descargan en el controlador para que este los ejecute de acuerdo con las estrategias de control regulatorio que tenga configuradas.

Componentes del Sistema de Control Avanzado De *Blending*. El sistema de Control Avanzado de *Blending* está conformado por una serie de programas encargados de ejecutar desde un servidor tareas específicas que contribuyen con el desarrollo del objetivo final de este sistema. Estos programas son:

- CBOP: *Crude Blending Optimizer*.
- OLBO (on): *On Line Blending Optimizer*.
- OLBO (off): *Off Line Blending Optimizer*.
- BRDB: *Blending Relational Data Base*.
- ANAVAL: *Analyzer Validation*.
- BGP: *Back Ground Program*.
- TRACK_Q: *Tracking of Quality*
- IN_ORDER: *Initial Order*.
- STS: *Short Term Scheduling*.
- GUI: Interfase de usuario.

A continuación se realizará una breve descripción de las funciones de cada uno de los programas anteriormente mencionados.

CBOP (*Crude Blending Optimizer*): es un programa encargado específicamente de la optimización del proceso de mezclado de crudo, esta función se ejecuta individualmente, ya que la optimización de crudo implica un grado mayor de complejidad en relación con los otros procesos de mezclado de productos. Este programa interactúa con la base de datos relacional.

OLBO_{OFF} (*Off Line Blending Optimizer*): este programa es llamado optimizador fuera de línea, el cual tiene como tarea principal calcular la receta óptima inicial de acuerdo a los objetivos generales de producción y componentes disponibles en el STS.

OLBO_{ON} (*On Line Blending Control*): el optimizador en línea (*on line*) inicia su función una vez se ha ejecutado la orden inicial de mezcla, es

decir que se han empezado a mezclar los productos. Este programa necesita para su ejecución la información de los tanques, equipos seleccionados por el operador, especificación de los productos y los valores de los materiales o componentes para así poder obtener y enviar al control regulatorio la receta óptima para cualquiera de los procesos de mezclado de productos de comercialización de la Refinería, *fuel oil*, gasolina o *diesel*. Este optimizador puede llevar a cabo más de una mezcla a la vez y esta interactuando constantemente con la Base de Datos Relacional.

ANAVAL (*Analyzer Validation*): es un programa en el cual se analizan los datos obtenidos por los analizadores para detectar si alguno de ellos arroja como valor una lectura errónea.

INI_ORDER (*Initial Order*): es un programa encargado de descargar en el RBC mediante la interfase de comunicaciones la orden inicial de mezcla. Cabe aclarar que antes de iniciar la mezcla un operador que se encuentra a nivel del RBC rectifica que esta orden sea correcta y que los dispositivos seleccionados estén en condiciones para realizarla.

STS (*Short Term Scheduling*): paquete que programa toda la información de ingeniería, es decir que define todos los objetivos para la Refinería incluyendo los del proceso de mezclas.

TRACK_Q (*Tracking of Quality*): es un programa encargado de analizar la calidad acumulada del tanque a medida que varía la cantidad de producto contenida en él.

BGP (*Back Ground Program*): constituye un conjunto de programas de

aplicación encargados de actualizar la base de datos conformado por:

- *Target Setting* (TG_S): es un programa encargado de descargar los datos de la receta inicial a través de la interfase de comunicaciones en el RBC para que el operador pueda verificarlos y aceptar la orden o modificarla.
- LAB_DATA, Datos de laboratorio: encargado del manejo de los datos que provenientes del laboratorio.
- STS_DATA, Datos del STS: programa encargado del manejo de los datos que envía el STS.
- VAL_MAT, Valores de los materiales: actualiza los precios de los materiales.
- RBC_SERVER_EQUIPMENT, Equipos en funcionamiento del RBC: Actualiza los equipos que están siendo ocupados por una determinada orden de mezcla.

GUI (*Interfase Usuario*): es la interfase amigable con el usuario y permite ver que instrumentos han sido escogidos, el alineamiento, orden de mezcla, etc.

Adicionalmente el ABC cuenta con una base de datos relacional que se encarga de almacenar los datos necesarios para la ejecución de los programas que lo conforman y proporcionar la información que de este sistema se requiera para el correcto funcionamiento del resto del sistema de *Blending*, la base de datos relacional es elemento por medio del cual el ABC interactúa con los demás componentes del Sistema de Mezcla.

1.4 BASE DE DATOS RELACIONAL DE *BLENDING* E INTERFASE DE COMUNICACIONES

La base de datos relacional es una estructura de manejo de información que proporciona ventajas tales como la posibilidad de comunicación con otros sistemas y el manejo de la integridad de los datos. Esta herramienta se utilizará para almacenar y manejar todos los datos de interés de los procesos de mezclado tales como lo son: información de los equipos, de las propiedades de los componentes y productos, de las especificaciones de los productos, de las órdenes de mezcla, de laboratorio, entre otras. Este sistema debe ser relacional con el fin de proporcionar consistencia en el manejo de los datos, y prevenir posibles errores que podrían presentarse con otro tipo de sistema.

La base de datos relacional puede considerarse entonces, como el corazón del sistema del Control Avanzado ya que suministra y almacena toda la información necesaria valiéndose de programas de aplicación que descargan en ella los datos actualizados para que sean a su vez descargados mediante la interfase en la base de datos del RBC el cual deberá ejecutar las instrucciones sugeridas por el ABC.

En la base de datos relacional la información estará agrupada en cinco bloques así:

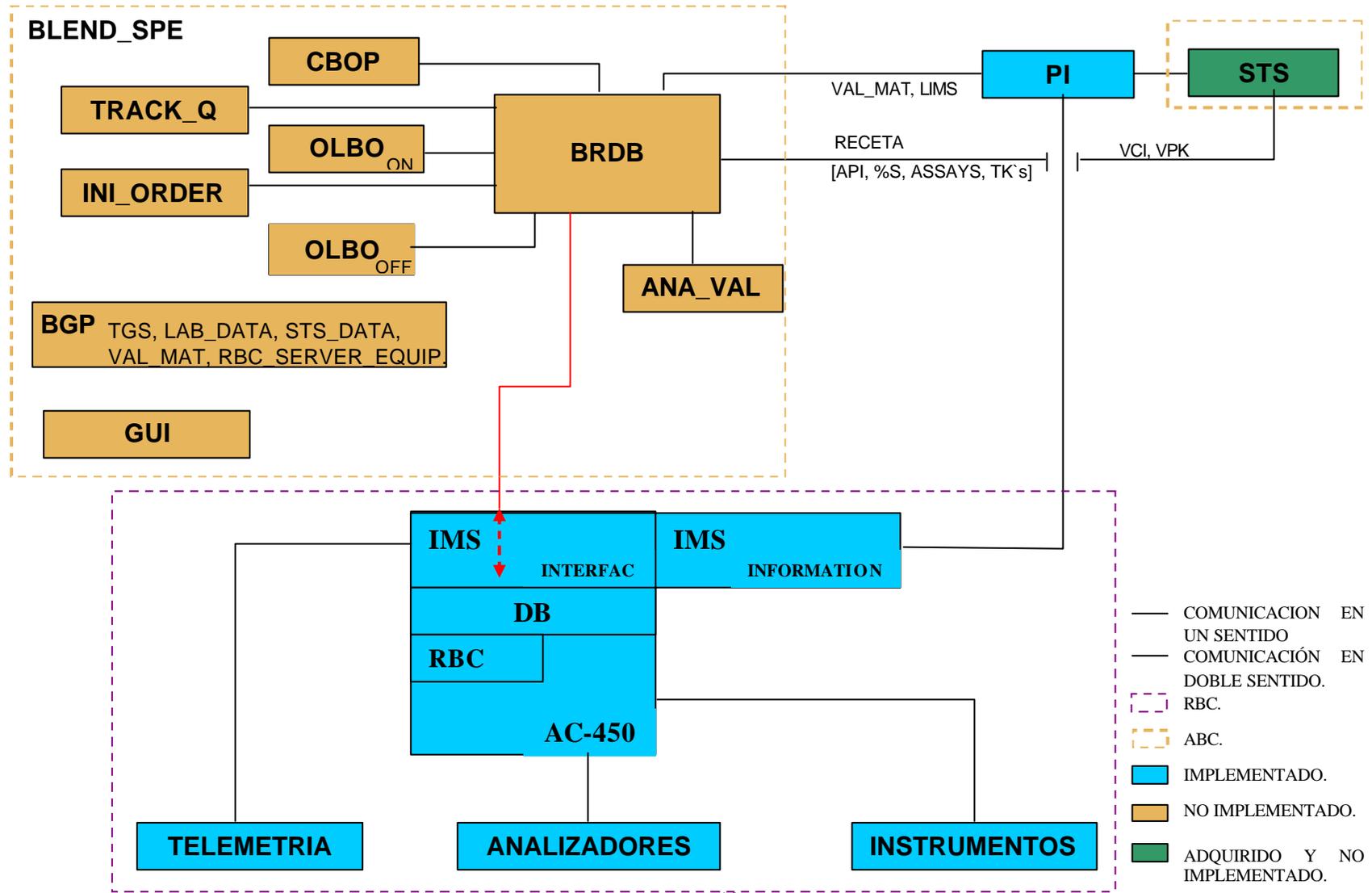
- Equipo.
- Calidad.

- Orden de mezcla.
- Interfase.
- Administración.

De esta forma toda la información proveniente de cualquier punto del sistema de mezclado será almacenada en forma organizada.

La figura siguiente muestra en forma detallada el flujo de datos proveniente de diferentes partes del sistema de mezcla a la base de datos relacional y la forma como esta interactúa con el RBC a través de la interfase de datos, estableciendo la comunicación entre el ABC y el RBC.

Figura 2. Diagrama de bloques del Sistema de Control de *Blending*.



Como se mencionó anteriormente el Control Regulatorio tiene como función principal regular los flujos necesarios de cada componente, estos componentes han sido escogidos previamente mediante una receta la cual determina la cantidad específica de cada componente a agregar a la mezcla obteniendo al final de este proceso un producto específico como gasolina, *fuel oil*, *diesel*, etc.

Para dicha regulación el Control Regulatorio (RBC) cuenta con los datos obtenidos de los siguientes grupos:

- Telemetría.
- Instrumentos.
- Analizadores.

Los datos provenientes de estos tres grupos pertenecientes al RBC se almacenan inicialmente en la Base de Datos del RBC y de ahí son llevados a la Base Datos Relacional cuando sean solicitados por el ABC, a través de la Interfase de Comunicaciones.

Una vez la información accede a la Base de Datos Relacional es almacenada en el módulo de equipos.

A continuación se realizará una descripción de cada uno de los grupos mencionados

Telemetría: en este grupo encontramos básicamente los instrumentos encargados de la medición de nivel, presión y temperatura de todos los tanques de la Refinería y del TNP (Terminal Néstor Pineda).

Analizadores: en este grupo encontramos los equipos que suministran la información de las propiedades de los componentes que se necesitan

para que el optimizador del ABC genere una receta basada en las características actuales de cada componente.

Algunos de estos equipos son:

- Analizador de RVP (Reid Vapor Pressure).
- Cromatógrafo de destilación.
- Analizador de azufre.
- Analizador NIR (Near Infrared).

Instrumentos: a este grupo pertenecen aquellos elementos que suministran información a cerca del estado actual de los equipos tales como bombas, válvulas, etc. que el ABC necesita para determinar de cual de estos se dispone durante la elaboración de una receta. De igual forma el RBC necesita esta información para ejercer las acciones de control sugeridas por el ABC. Los datos provenientes de los elementos pertenecientes a este bloque se almacenan en la base de datos del RBC el cual dispondrá de ellos para realizar sus funciones. En caso de ser solicitados por el ABC, estos datos son descargados en la BDRB a través de la interfase de comunicaciones.

La Base de Datos Relacional de Blending interactúa de igual forma con otros elementos pertenecientes al sistema de mezcla cuya información es necesaria para que el ABC ejecute sus funciones. Estos elementos son:

PI: es un sistema de información que se está implementando actualmente el cual constituye una base de datos en tiempo real. Su función consiste en suministrar los valores del laboratorio y los precios

de los productos cuando se encuentren disponibles y actualizarlos en la BDRB valiéndose de un programa perteneciente al conjunto de BGP que hacen parte del ABC.

La información generada en el PI se almacena en el módulo de administración de la base de datos.

STS: es una aplicación de toda la Refinería que programa una serie de objetivos de acuerdo con cada uno de los procesos que en esta se ejecuten. Dentro de los objetivos propuestos por el STS se encuentran los destinados para el proceso de mezclas, los cuales son almacenados en la BDRB.

La información generada en el PI se almacena en el módulo de calidad de la base de datos.

2. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA INTERFASE DE COMUNICACIONES DE *BLENDING*

El presente capítulo tiene como objetivo principal definir detalladamente los requerimientos y criterios necesarios para elaborar el diseño de la interfase que se planea desarrollar en la Refinería. La mayoría de los requerimientos de la interfase se definirán a partir del desarrollo de un modelo para el acceso y almacenamiento de los datos interfazados a la Base de Datos Relacional de *Blending*, el cual, es totalmente flexible a cambios futuros. A partir de los requerimientos se enunciarán una serie de criterios que garanticen el funcionamiento adecuado del Sistema de Control de Mezclas.

2.1 REQUERIMIENTOS DE LA INTERFASE

Se denomina interfase a la Conexión mecánica o eléctrica que permite el intercambio de información entre dos dispositivos o sistemas. Se refiere al “*software*” y “*hardware*” necesarios para unir dos elementos de proceso en un sistema o bien para describir los estándares recomendados para realizar dichas interconexiones.

De acuerdo con esto el Sistema de Mezclado de la Refinería se conforma por dos subsistemas RBC y ABC (Explicados en el capítulo anterior), los cuales manejan lenguajes diferentes y deben interactuar permanentemente para lograr un óptimo desempeño del proceso de

mezclas, necesitando así de una interfase que permita establecer su comunicación.

La interfase de comunicaciones entre el RBC y el ABC debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- a) Los TAG's a interfazar junto con su configuración deben residir en la base de datos.
- b) Flujo de datos bidireccional.
- c) Frecuencia de escaneo variable.
- d) Posibilidad de habilitar o deshabilitar un grupo de TAG's.
- e) Manejo de diferentes tipos de datos.
- f) Flexibilidad: debe ser customisable para evitar que la realización de un cambio implique el acceso al código fuente.
- g) Multigateway.

Como primera consideración se tiene en cuenta el almacenamiento de los datos a interfazar en la BDRB, esto implica la realización de un modelo que describa la forma como residirán los datos dentro de esta.

Este modelo ha sido llamado "Modelo de Interfase" el cual se explicará a continuación.

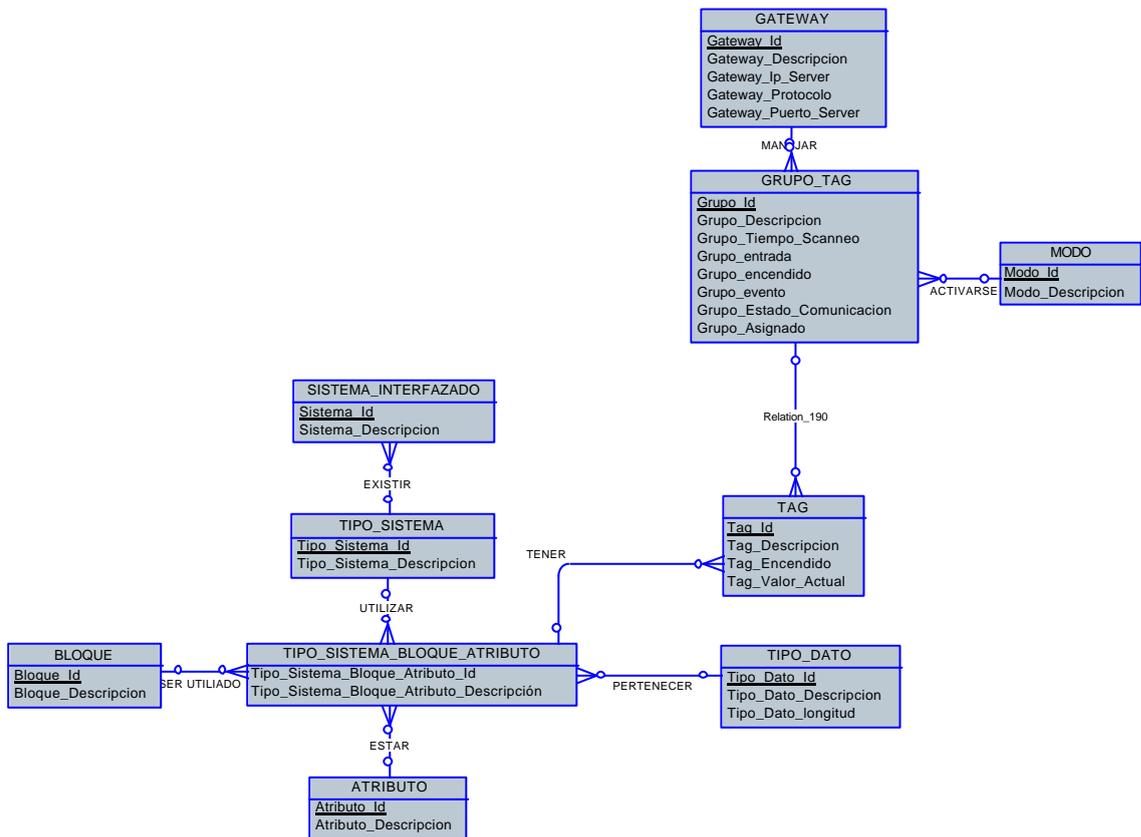
2.1.1 Modelo de Interfase de la Base de Datos Relacional de *Blending*.

el modelo de interfase de la BDRB se constituye de un conjunto de entidades en las que se almacenan los datos necesarios para definir un determinado grupo de TAG's a interfazar.

De acuerdo con esto la estructura del módulo de interfase se ha diseñado teniendo en cuenta los requerimientos de la interfase y los datos que se deben obtener para determinar un respectivo TAG en entidades considerando la estructura individual de un TAG y la organización de estos según su naturaleza y procedencia.

Con respecto a la estructura de un TAG se ha elaborado una entidad llamada **TIPO_SISTEMA_BLOQUE_ATRIBUTO** que reúne los datos provenientes de otras entidades necesarios para estructurar un TAG.

Figura 3. Modelo de datos del módulo Interfase de la BDRB.



Estructura de Un TAG: un TAG se compone básicamente de tres partes, estas son:

- Sistema
- Bloque.
- Atributo.

Basándose en lo anterior existen cinco entidades en el modelo de interfase de BDRB necesarias para definir la estructura de un TAG, estos son:

1) SISTEMAS INTERFAZADOS: a este grupo pertenecen los diferentes sistemas que componen o hacen parte del Sistema de Control de Mezclas con los cuales se desea compartir información.

El sistema de Control de Mezclas dividido en dos partes, RBC y ABC necesita información de otros sistemas que se encuentren dentro o fuera de este para llevar a cabo sus funciones principales.

Estos sistemas se clasifican de acuerdo a su fabricante, por ejemplo:

- ABB
- HONEYWELL
- FOXBORO
- SIEMENS

Figura 4. Bloque Sistema_Interfazado.

SISTEMA_INTERFAZADO
<u>Sistema_Id</u>
Sistema_Descripcion

En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad SISTEMA_INTERFAZADO mostrada en la Figura 4 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Sistema_ID: especifica la identificación del sistema.
- ✓ Sistema_Descripción: describe el sistema interfazado.

2) TIPO_SISTEMA: un sistema está compuesto por varios tipos de sistema de acuerdo al modelo de cada fabricante, de esta forma un mismo sistema puede ejecutar diferentes funciones dentro del proceso de acuerdo con el tipo de sistema. Los tipos de sistema especifican la funcionalidad del sistema interfazado, por ejemplo:

El sistema ABB se conforma de dos tipos de sistema:

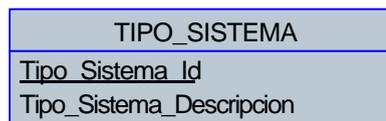
- *Advant.*
- MOD 300.

El sistema HONEYWELL se compone de:

- TDC 3000.
- *Total plant.*

De esta forma cada TAG se compondrá en una primera parte por la identificación del sistema interfazado y su tipo de sistema correspondiente.

Figura 5. Entidad Tipo_Sistema



En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad TIPO_SISTEMA mostrada en la Figura 5 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Tipo_Sistema_ID: especifica la identificación del tipo de sistema.
- ✓ Tipo_Sistema_Descripción: describe el tipo de sistema.

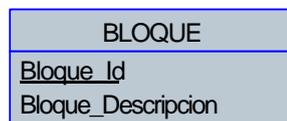
3) BLOQUE: una manera de clasificar los elementos que conforman un sistema es agrupándolos en mediante bloques de acuerdo con sus funciones, entonces, un bloque se define como el conjunto de elementos

que poseen características comunes que hacen parte de un sistema.

Por ejemplo:

- **AI** (*Analog Input*): Entrada Análoga.
- **DI** (*Digital Input*): Entrada Digital.
- **AO** (*Analog Out*): Salida Análoga.
- **DO** (*Digital Out*): Salida Digital.
- **PIDCON** (*PID Controller*): Controlador PID.

Figura 6. Entidad Bloque

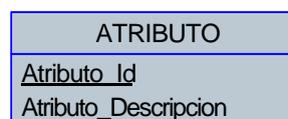


En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad BLOQUE mostrada en la Figura 6 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Bloque_ID: identifica cada bloque existente en un determinado sistema.
- ✓ Bloque_Description: muestra una breve descripción de cada bloque.

4) ATRIBUTO: define las variables que pertenecen a un bloque de un sistema. Cada bloque se describe mediante variables comunes como por ejemplo: al bloque PIDCON se asocian los siguientes atributos comunes para todos los controladores PID: *set point*, constante proporcional, integrativa y derivativa, etc.

Figura 7. Entidad Atributo

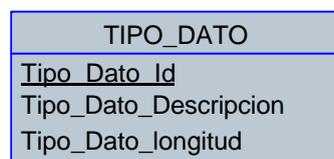


En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad ATRIBUTO mostrada en la Figura 7 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Atributo_ID: identifica cada atributo perteneciente a un bloque.
- ✓ Atributo_Descripción: describe cada bloque.

5) **TIPO_DE_DATO**: define los diferentes tipos de datos tales como entero, binario, de coma flotante o texto, en que se pueden representar los atributos de un bloque. Por ejemplo: el atributo *set point* del bloque PIDCON se representa mediante un dato de tipo coma flotante.

Figura 8. Entidad Tipo_Dato



En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad TIPO_DE_DATO mostrada en la Figura 8 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Tipo_Dato_ID: especifica la identificación de cada tipo de dato.
- ✓ Tipo_Dato_Descripción: describe el tipo de dato correspondiente.
- ✓ Tipo_Dato_Longitud: especifica la longitud del dato en bits.

Las cinco entidades anteriores definen la entidad **TIPO_SISTEMA_BLOQUE_ATRIBUTO** cumpliendo con el primer propósito del modelo interfase de la BDRB: la estructuración individual de cada TAG.

Figura 9. Entidad Tipo_Sistema_Bloque_Atributo

TIPO_SISTEMA_BLOQUE_ATRIBUTO
Tipo_Sistema_Bloque_Atributo_Id
Tipo_Sistema_Bloque_Atributo_Descripción

La entidad TIPO_SISTEMA_BLOQUE_ATRIBUTO mostrada en la Figura 9 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Tipo_Sistema_Bloque_Atributo_ID: identifica cada grupo tipo sistema, bloque y atributo.
- ✓ Tipo_Sistema_Bloque_Atributo_Descripción: describe cada grupo tipo sistema, bloque y atributo.

El otro propósito consiste en organizar los datos en grupos de acuerdo con su naturaleza y procedencia. Para esto se ha creado una entidad llamada **GRUPO_TAG** que clasifica los TAG's en grupos dependiendo de la naturaleza del dato, tiempo de escaneo y procedencia.

Esta entidad necesita de los datos almacenados en las dos entidades siguientes:

- 1) **GATEWAY:** el Sistema de Control Regulatorio de mezclas se compone de varios DCS que realizan funciones específicas dentro de este, a cada DCS pertenece una gateway que se encarga de capturar la información que se desea interfazar. En la BDRB es necesario identificar cada una de las Gateways existentes y especificar su servidor, protocolo que manejan y puerto.

Figura 10. Entidad Gateway

GATEWAY
<u>Gateway_Id</u>
Gateway_Descripcion
Gateway_Ip_Server
Gateway_Protocolo
Gateway_Puerto_Server

En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad GATEWAY mostrada en la Figura 10 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Gateway_ID: identifica cada gateway.
- ✓ Gateway_Descripción: describe cada gateway
- ✓ Gateway_IP_Servidor: especifica la dirección IP de la Gateway.
- ✓ Gateway_Puerto: especifica el puerto del protocolo TCP/IP de cada gateway.

2) MODO: los datos de un sistema pueden leerse y escribirse (entrar/salir) con un tiempo de escaneo definido. La forma de escaneo se especifica mediante el modo de transferencia, es decir que los datos de entrada y salida pueden leerse y escribirse con una frecuencia que corresponde a un tiempo de escaneo establecido por el modo de transferencia. Existen dos modos de transferencia para la lectura y escritura de los datos de entrada y salida: cíclico y en evento.

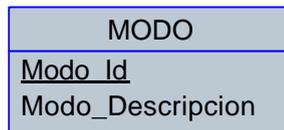
a) Modo de transferencia cíclico: cuando se activa este modo se crea una suscripción permanente para una lectura o escritura cíclica, es decir que, una función cíclica es activada para transferir un dato cada vez que un ciclo haya terminado.

b) Modo de transferencia en evento: mediante este modo, el dato se lee o escribe cada vez que sea solicitado por el sistema de control.

Dependiendo del modo de transferencia, la correspondiente IMS es llamada para conformar datos de entrada y salida en modo cíclico o en demanda.

Para escribir o leer un dato es necesario especificar el modo de transferencia en la entidad MODO.

Figura 11. Entidad Modo



En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad MODO Figura 11 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Modo_ID: especifica la identificación del modo de transferencia.
- ✓ Modo_Descripción: describe el modo de transferencia.

Figura 12. Entidad Grupo_TAG



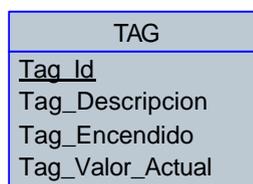
Las dos entidades anteriores definen la entidad **GRUPO_TAG** (Figura 12) la cual se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ Grupo_TAG_ID: especifica la identificación del grupo TAG.
- ✓ Grupo_TAG_Descripción: describe el Grupo TAG.

- ✓ Grupo_Tiempo_TAG: define el tiempo en milisegundos que tarda un ciclo en generar la lectura o escritura de un grupo de TAG's.
- ✓ Grupo_TAG_Entrada: define la naturaleza de un grupo de TAG's, entrada o salida.
- ✓ Grupo_TAG_Asignado: determina los grupos de TAG's que han sido asignados a una tabla.
- ✓ Grupo_TAG_Encendido: genera la posibilidad de habilitar o deshabilitar un grupo de TAG's.
- ✓ Grupo_TAG_Evento: genera la lectura o escritura por evento de un grupo de TAG's.
- ✓ Grupo_TAG_Estado_Conexión: determina el estado de conexión de un grupo de TAG's.
- ✓ Grupo_TAG_Tiempo_Retardo: especifica un tiempo que determina la revisión de la del estado de un grupo de TAG's por evento

Las entidades **TIPO_SISTEMA_BLOQUE_ATRIBUTO** y **GRUPO_TAG** definen la entidad **TAG** en la cual se determinan los TAG's a interfazar por su estructura y clasificación y se especifican su estado y valor actual.

Figura 13. TAG



En el modelo de Interfase de la BDRB la entidad TAG Figura 13 se describe mediante los siguientes atributos:

- ✓ TAG_ID: identifica cada TAG.

- ✓ TAG_Descripción: describe el correspondiente TAG.
- ✓ TAG_Encendido: permite encender o apagar un TAG determinado.
- ✓ TAG_Valor_Actual: almacena el último valor de un determinado TAG.

2.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Una vez definidos los requerimientos, se procede a establecer una serie de criterios necesarios para la realización de la especificación de la interfase basados en estos.

Los criterios establecidos son los siguientes:

1) **Protocolo de comunicaciones:** TCP (*Transmission Control Protocol*).

Es necesario escoger un protocolo de comunicaciones mediante el cual se obtenga el intercambio de datos entre el RBC y el ABC con la mayor fiabilidad posible; por tal motivo se escogió el protocolo TCP, teniendo en cuenta sus características, las cuales lo hacen el apropiado para esta interfase. TCP (Protocolo de Control de Transmisión) es un protocolo de comunicación que ofrece un servicio orientado a conexión punto a punto, es decir, una conexión TCP tiene dos terminales. Define un servicio fiable de transmisión, asegurando que los datos enviados llegarán a sus destinos sin fallas, completos y ordenados. TCP brinda un servicio dúplex donde una aplicación solicita una conexión, se crea la conexión, puede transmitir en ambos sentidos y termina la conexión, todo de manera confiable.

2) Ejecución de la interfase: la interfase está constituida por un paquete software Cliente-Servidor el cual se ejecutará en máquinas distintas de la siguiente forma:

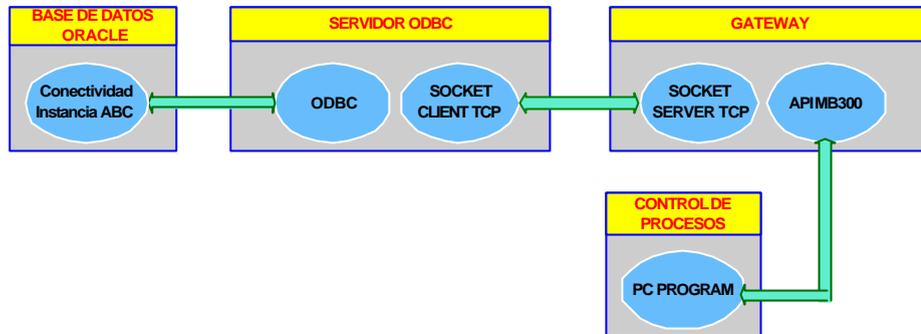
- ✓ *Socket Server:* el servidor debe ejecutarse en cada gateway ya que a esta parte del sistema llega la mayoría de la información que se desea interfazar con el ABC.
- ✓ *Socket Client:* el cliente se ejecutará en el servidor ODBC ya que en esta parte del sistema, el ABC solicitará la información requerida para llevar a cabo sus tareas.

3) Acceso a la base de datos relacional mediante ODBC (*Open Database Connectivity*). ODBC proporciona una interfase de programación de aplicaciones que permite tener acceso a datos que se encuentren en la BDRB desde los diversos clientes que se encuentran en el servidor ODBC haciendo uso de el lenguaje estructurado **SQL** para definir y tener acceso a la Base de Datos Relacional de *Blending*.

4) Acceso al RBC mediante librerías API MB-300: *Advainform User* API suministra los servicios o funciones que permiten al usuario acceder a los objetos del *Advant*, son básicamente librerías del sistema que permiten hacer uso de la programación de objetos y de soporte básico; por lo tanto, contienen funciones para leer, escribir y manipular los diferentes objetos del *Advant*, así como también suministra servicios de mensajería del sistema y manejo de fecha y tiempo. En la Figura 14 se puede apreciar como es el esquema de

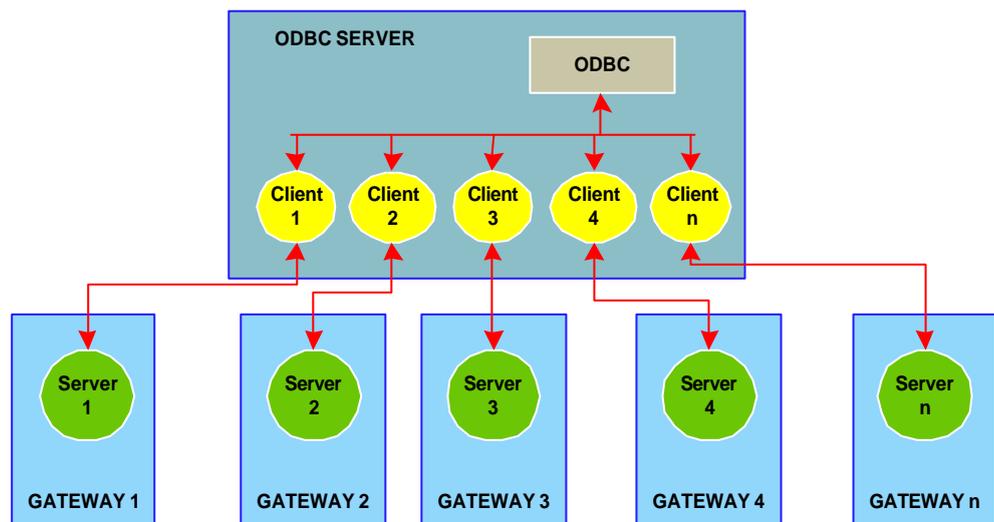
ejecución de la interfase y a su vez como se puede notar como accede al RBC y la DBRB.

Figura 14. Acceso de la Interfase a las Bases de Datos.



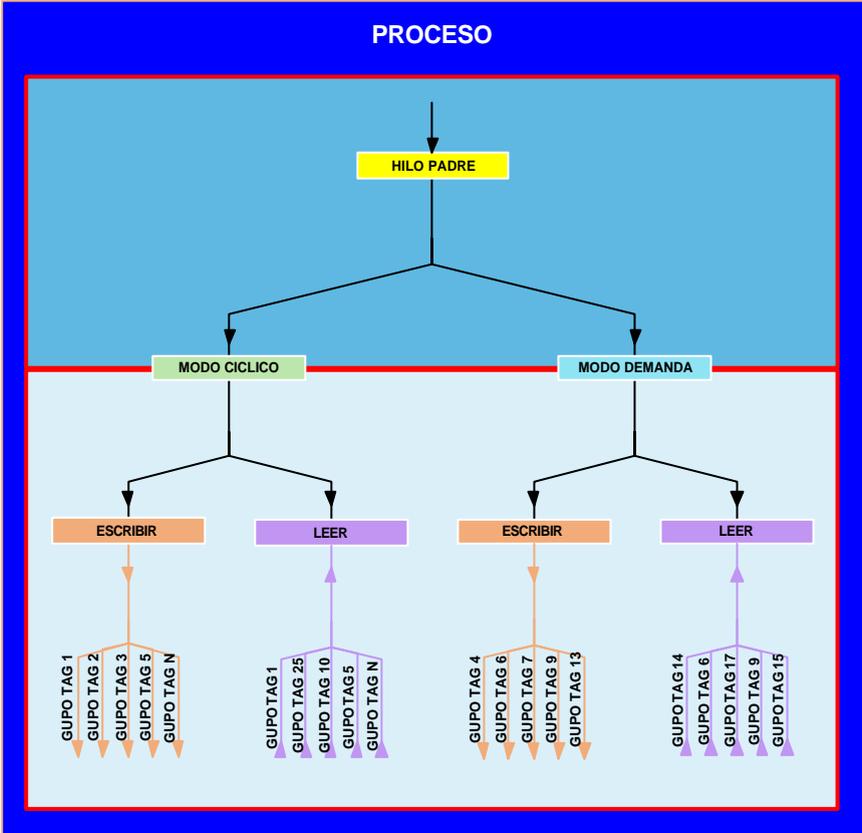
- 5) Existirá una Gateway por cada DCS (Multigateway), un *socket server* por cada Gateway y un *socket client* por cada *socket server*. esto se hace con la finalidad de proporcionar una comunicación dedicada para cada DCS, evitando de esta forma que una posible falla en alguno de los servidores o clientes pertenecientes a un DCS interfiera con la comunicación de los demás. Este criterio se puede apreciar en la

Figura 15. Multigateway.



- 6) Como consecuencia del criterio anterior se asignarán uno o más procesos para cada DCS dependiendo de la configuración elegida por el usuario.
- 7) Estructura del Proceso: Multihilos: para la elaboración del software se requiere una estructura multihilos que proporcione una capacidad para desarrollar el trabajo en forma interactiva, la aceleración en la ejecución de las tareas y la organización del código del programa. Además hace de la interfase un software customisable, de manera que en caso del crecimiento del sistema no sea necesario acceder a l código fuente para modificarlo.

Figura 16. Estructura del Proceso



En general cada proceso del sistema tendrá en su estructura un hilo “Padre” que administrará una serie de hilos que se derivarán de este. El hilo padre recibe los datos que se van a manejar en el proceso y los asigna a otros hilos dependiendo del modo de transferencia que se requiera para estos (Cíclico o en demanda). Dentro del hilo cíclico y en demanda existirán otros hilos encargados de clasificar los datos de lectura y escritura esta estructura se puede apreciar en la Figura 16.

8) Operación y Diagnóstico: durante la fase de arranque la interfase se ejecutará inicialmente el programa servidor el cual debe verificar todos los parámetros de línea que reúnen los estados actuales de cada uno de los componentes y equipos que participarán en una determinada mezcla. Si alguno de ellos hace falta o se encuentra por fuera de un rango específico y no puede reemplazarse por otro, la interfase debe generar un mensaje de error y detener su operación quedando en un estado de pausa. Todos los mensajes de error se almacenarán en los archivos de registro para que puedan ser evaluados cuando se requiera. Si todos los parámetros de línea se encuentran correctamente la interfase corre normalmente, teniendo en cuenta que su operación será evaluada constantemente e informando en forma permanente el estado actual durante toda su fase de ejecución.

9) Archivos de registro: Deberán existir archivos de registro tanto en el cliente como en el servidor, en los cuales se almacenará la trayectoria de operación de la interfase.

Los archivos de registro se generan cada vez que se lleve acabo una corrida, y su acceso debe ser posible cuando se requiera evaluar el comportamiento de la interfase.

En los archivos de registro se almacenará toda aquella información concerniente a la operación de la interfase incluyendo los mensajes de error, tiempo de inicio, finalización, pausas, eventualidades, etc.

3. DESARROLLO DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIONES ENTRE EL SISTEMA DE CONTROL REGULARORIO DE MEZCLAS Y EL SISTEMA DE CONTROL AVAZADO DE MEZCLAS.

En el presente capítulo se desarrolla finalmente la especificación de la interfase de comunicaciones entre el RBC y el ABC, cumpliendo de esta forma con la totalidad del principal objetivo del trabajo de investigación. Una vez definidos los requerimientos y criterios de diseño se procede a realizar la especificación de la interfase basándose en estos, mediante la aplicación un procedimiento que consta de dos partes; la primera, consiste en el desarrollo de un flujograma en el cual se define en forma global los diferentes procesos que debe realizar el programa de la interfase; la segunda parte es validación de la especificación y consiste en el desarrollo detallado de cada uno de los procesos mediante un diagrama de flujos en el cual se pueda seguir paso a paso cada uno de estos.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS.

Uno de los criterios de diseño de la Interfase de Comunicaciones definidos en el capítulo anterior es la estructuración del proceso mediante hilos (multihilos) de tal forma que cada uno de estos ejecute una parte diferente del proceso con el propósito de realizar las tareas en una forma eficaz, interactiva y organizada.

De acuerdo con esto se estableció que el programa debe constar de varios hilos clasificados así: un hilo padre o principal, cuatro hilos secundarios o intermedios y múltiples hilos finales. Las tareas que deben ejecutar cada uno de los hilos mencionados han sido definidas mediante la elaboración de un flujograma en el cual se describe en forma general las diferentes partes del proceso que se realizan en estos.

El flujograma consta de una serie de bloques que simbolizan cada una de las tareas que se deben ejecutar por hilos y la generación de estos a partir sus anteriores, es decir, la creación de los hilos intermedios a partir del principal y de los hilos finales a partir de los intermedios.

Las tareas asignadas al hilo principal representadas en el flujograma consisten básicamente en:

- a) Conexión del servidor con la base de datos del RBC.
- b) Conexión del cliente con la BDRB.
- c) Conexión entre cliente y servidor.
- d) Generación de tablas dependiendo del modo y la naturaleza de los grupos de TAG's.
- e) Asignación de los grupos de TAG's a las tablas generadas.
- f) Creación de los hilos intermedios a partir de las tablas generadas.

Una vez ejecutadas las tareas del hilo principal se procede a llevar a cabo las asignadas a los cuatro hilos intermedios generados a partir de este.

Las tareas asignadas a los hilos intermedios son:

- a) Actualizar las tablas de grupos de TAG's.

b) Creación de los n hilos finales a partir de los n grupos de TAG's encendidos asignados a cada tabla.

Los hilos finales generados a partir de los hilos intermedios tienen la función específica de leer o escribir los TAG's encendidos pertenecientes a los grupos de TAG's en forma cíclica o por evento dependiendo del modo en que se encuentre dicho grupo de TAG.

EL ANEXO A muestra el flujograma elaborado.

3.2 VALIDACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA INTERFASE DE COMUNICACIONES.

La validación de la especificación consiste en definir y analizar la forma como se van a ejecutar las tareas asignadas a cada hilo, es decir, elaborar una secuencia de pasos necesarios para realizar cada tarea de manera que se permita llevar a cabo un seguimiento detallado de todo el proceso y comprobar la validez en la forma de ejecución de estas.

Cada una de las tareas definidas en el flujograma se representa mediante diagramas de flujo elaborados para cada hilo. De esta forma existirá un diagrama de flujo para el hilo principal (Ver ANEXO B), otro por cada uno de los cuatro hilos intermedios (Ver ANEXO C, E, G e I) y cuatro mas que representan los modelos de los múltiples hilos finales(Ver ANEXO D, F, H y J).

4. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones están enfocadas principalmente hacia el análisis del principal objetivo a desarrollar en el trabajo de investigación; la validación de las especificaciones realizadas.

La validación de las especificaciones mediante el análisis secuencial del diagrama de flujo elaborado conlleva a un procedimiento de modificación continua a medida que se van teniendo en cuenta posibles situaciones que pueden presentarse durante el funcionamiento normal del sistema para las cuales la especificación debe estar en total capacidad de resolver. Estas situaciones pueden ser:

- ✓ La adición de nuevos grupos de TAG's a una gateway.
- ✓ El cambio de modo o naturaleza de un determinado grupo de TAG's.

Estas dos situaciones deben ser totalmente posibles durante el funcionamiento del programa de la interfase, por lo tanto es fundamental definir como y dónde debe llevarse a cabo una parte del programa que se dedique a la actualización constante de las tablas de los grupos de TAG's. La ubicación de la actualización de las tablas dentro del programa fue establecida luego de haber encontrado inconsistencias en cuanto a sincronismo entre el programa cliente y servidor con respecto a la realización de esta tarea en el hilo principal antes de generar los cuatro hilos intermedios a partir de este, ya que una vez ejecutado por primera vez el hilo principal el programa debía regresarse a verificar que

nuevos TAG's había sido incluidos en una determinada gateway y se generaba una inconsistencia al pasar nuevamente por la parte del programa destinada a la generación de los hilos intermedios que ya habían sido generados (Ver ANEXO K). Por esta razón se hizo necesario remodelar el flujograma colocando la tarea de actualización de tablas luego de haber generado los hilos intermedios. Esta opción aumenta considerablemente el tamaño del código del programa y consumo de la máquina donde se ejecuta el cliente pero soluciona forma satisfactoria el problema presentado. El aumento del consumo de la máquina donde se ejecuta el cliente representa un inconveniente que puede ser fácilmente solucionado con la aplicación de un tiempo de retardo.

El cambio del modo o de la naturaleza de los grupos de TAG's debe representar un cambio inmediato en la asignación de tabla y por lo tanto la generación de un nuevo hilo final dependiendo de las condiciones actuales del grupo y el cierre de un hilo final al que este pertenecía anteriormente. Esta tarea debe realizarse a nivel de hilos intermedios comprobando el estado original de cada grupo de TAG's antes de generar la lectura o escritura de cada TAG perteneciente a un grupo de TAG's determinado complementándose con el cierre del hilo final al cual estaba asignado anteriormente.

Para manejar los diferentes TAG's pertenecientes a un grupo de TAG's cuyo modo de escaneo sea cíclico y posean tiempos de escaneo distintos, se pueden utilizar tres métodos distintos que son:

- ✓ MCM (Mínimo Común Múltiplo): este es el método utilizado por los controladores y consiste en calcular un MCM para todos los tiempos de escaneo existentes. Este método es empleado para el manejo de datos en sistemas determinísticos, por esta razón no es recomendable para la presente aplicación ya que se está trabajando con un sistema operativo el cual no es determinístico y no maneja datos en tiempo real.
- ✓ El segundo método consiste en evaluar constantemente el tiempo de escaneo asignado para cada grupo de TAG's. De esta forma se asignará un valor de tiempo a una variable que será comparada continuamente con el tiempo de escaneo inicial el tiempo de escaneo transcurrido. Este método genera el consumo exagerado de la máquina donde se corre el programa que va a estar ejecutando la tarea ya que consta de una revisión constante del tiempo de escaneo para lograr detectar cuando este se haya cumplido, por lo tanto no es recomendable para el manejo de grandes tiempos de escaneo. (Ver ANEXO L).
- ✓ El tercer método consiste en generar un hilo por cada grupo de TAG's, de esta forma cada hilo final manejará su tiempo de escaneo de manera independiente y generará la lectura o escritura cíclica de un TAG cada vez que este se cumpla mediante la utilización de un retardo del mismo valor del tiempo de escaneo. Este es el método que ha sido utilizado para la presente aplicación ya que se amolda perfectamente a sus requerimientos.

La asignación del modo evento a un grupo de TAG's es una maniobra que como su nombre lo indica se llevará a cabo de manera eventual, es decir que los grupos de TAG's estarán en modo evento solo cuando el usuario los

solicite lo cual puede suceder esporádicamente. Por esta razón se hace necesario manejar un tiempo de retardo en el manejo de los grupos de TAG's por evento de manera que el programa no deba estar leyendo constantemente si se debe generar la lectura o escritura de un grupo de TAG's determinado si no que lo haga cada vez que se cumpla un tiempo de retardo. De esta forma se disminuye el consumo de la máquina que ejecuta esta tarea.

RECOMENDACIONES

Para la especificación de la Interfase de Comunicaciones se consideraron las siguientes variaciones a manera de recomendación.

El manejo de los tiempos de escaneo de los grupos de TAG's puede hacerse combinando el segundo y el tercer método evaluados anteriormente; de esta forma los tiempos de escaneo pequeños pueden ser manejados en un solo hilo utilizando el segundo método y para cada tiempo de escaneo mayor se generaría un hilo como lo indica el tercer método. Esto implica el establecimiento de un rango que determine la magnitud de los tiempos de escaneo.

Adicionalmente es posible crear una forma de detectar los grupos de TAG's que posean tiempos de escaneo iguales y generar un solo hilo para estos en vez de múltiples en el caso de la aplicación presentada.

Para los grupos de TAG's en evento no es necesario generar un hilo por cada uno de estos, se puede crear un solo hilo estableciendo un único tiempo de retardo.

BIBLIOGRAFÍA

OSI soft. **ABB IMS/AEH Advant Station (ABB Master, ABB Mod 300)**
:Interface to the PI System. 5 ed. New Zealand: s.n. 2002. 103 p.

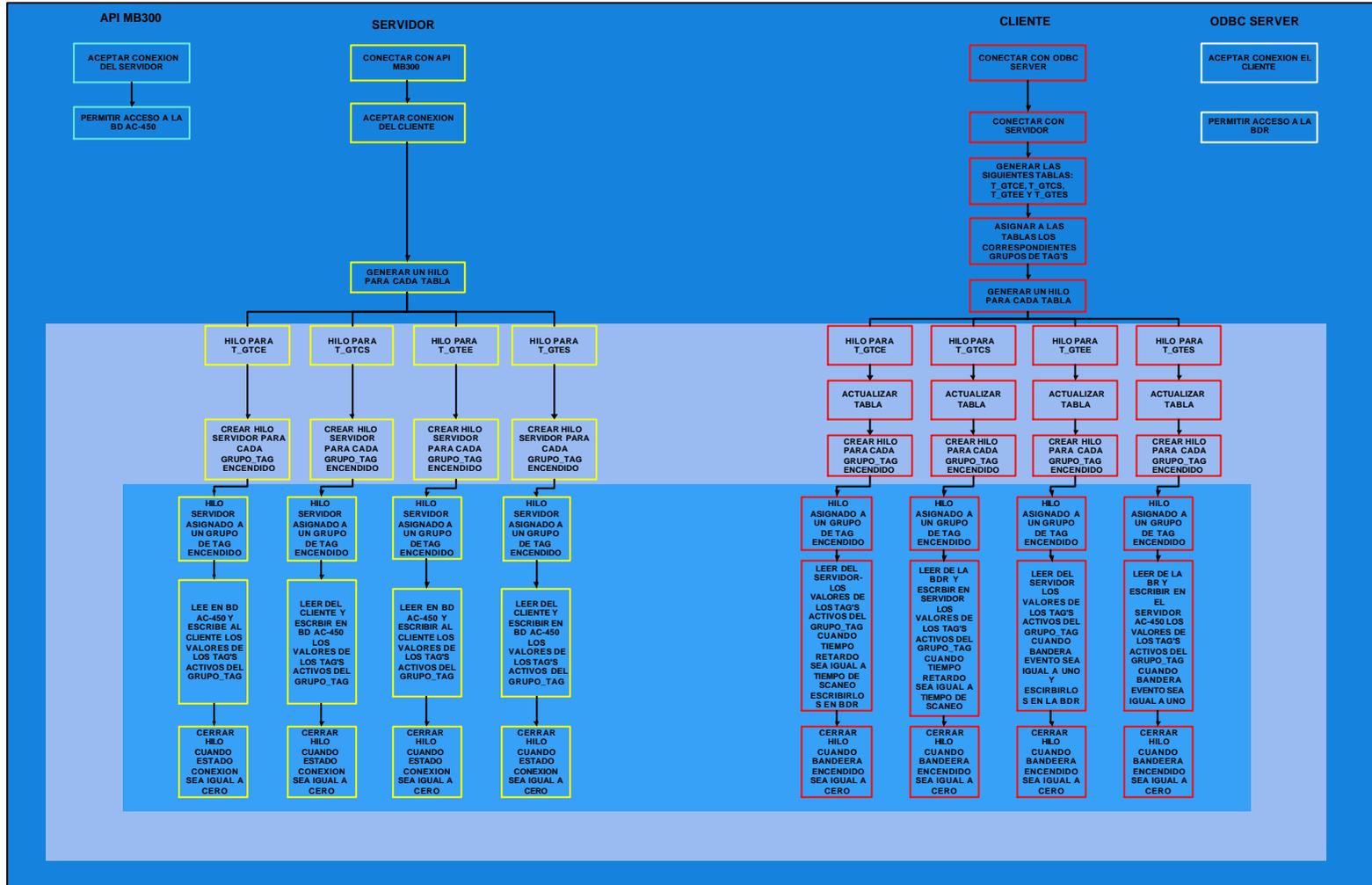
ARCILA IRIARTE, Jaime y NARANJO SILVA, Ernesto. **Aplicación Para El Control De Una Tanque De Agua** (CD ROM), Bucaramanga: Universidad Santo Tomás de Aquino, 2001.

ARCILA IRIARTE, Jaime y NARANJO SILVA, Ernesto. **Alcance de la Ingeniería Detallada del Prototipo de un Mezclador De Gasolina** (CD ROM), España: Universidad Politécnica De Valencia, 2002.

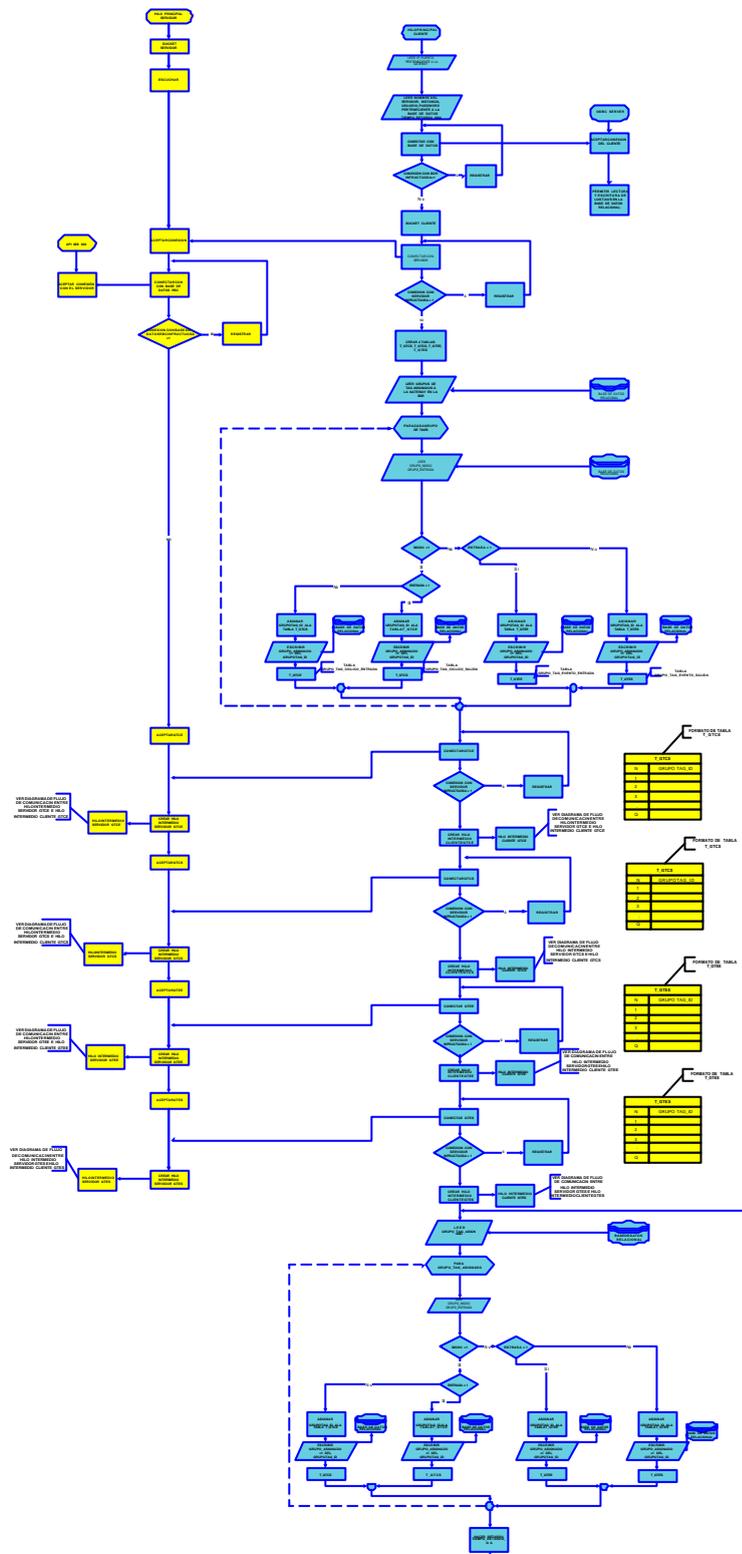
ARCILA IRIARTE, Jaime y NARANJO SILVA, Ernesto. **Modulo De Sensorización, Percepción Y Sistemas Autónomo.** España: Universidad Politécnica De Valencia, 2001.

ANEXOS

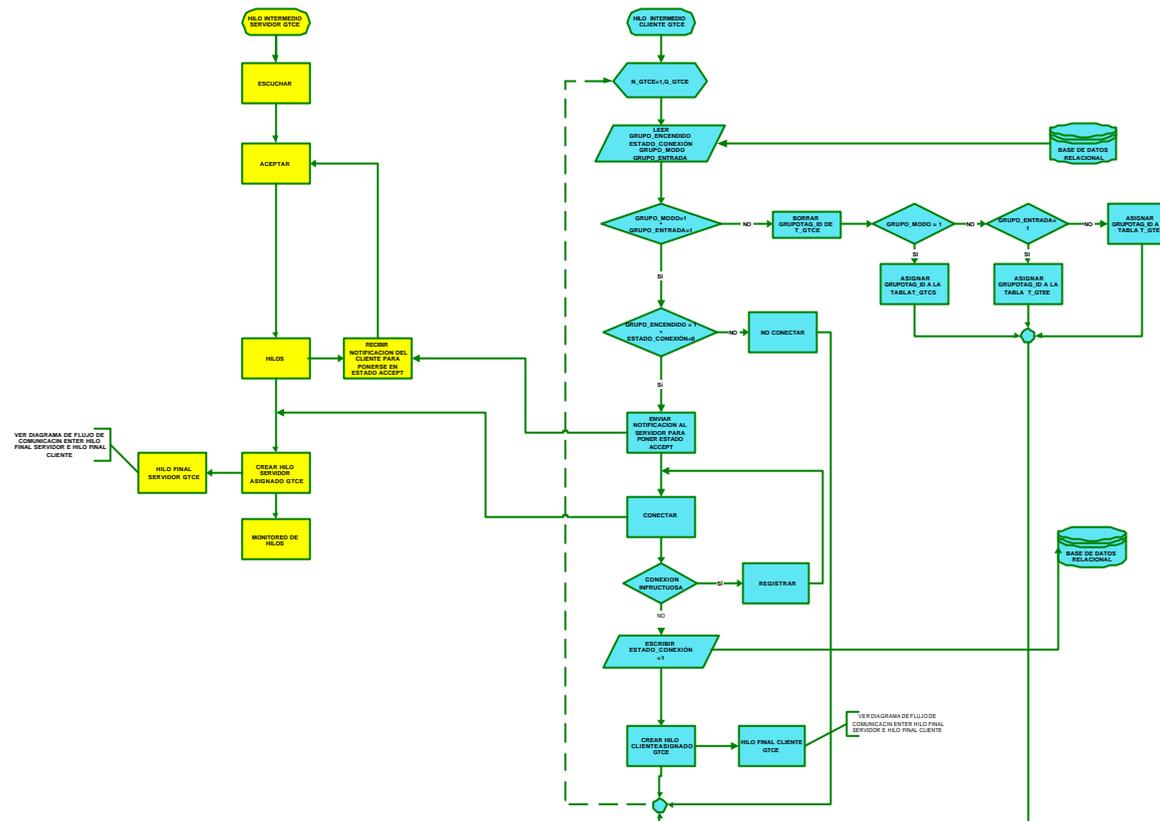
ANEXO A. Flujoograma de Identificación de Procesos.



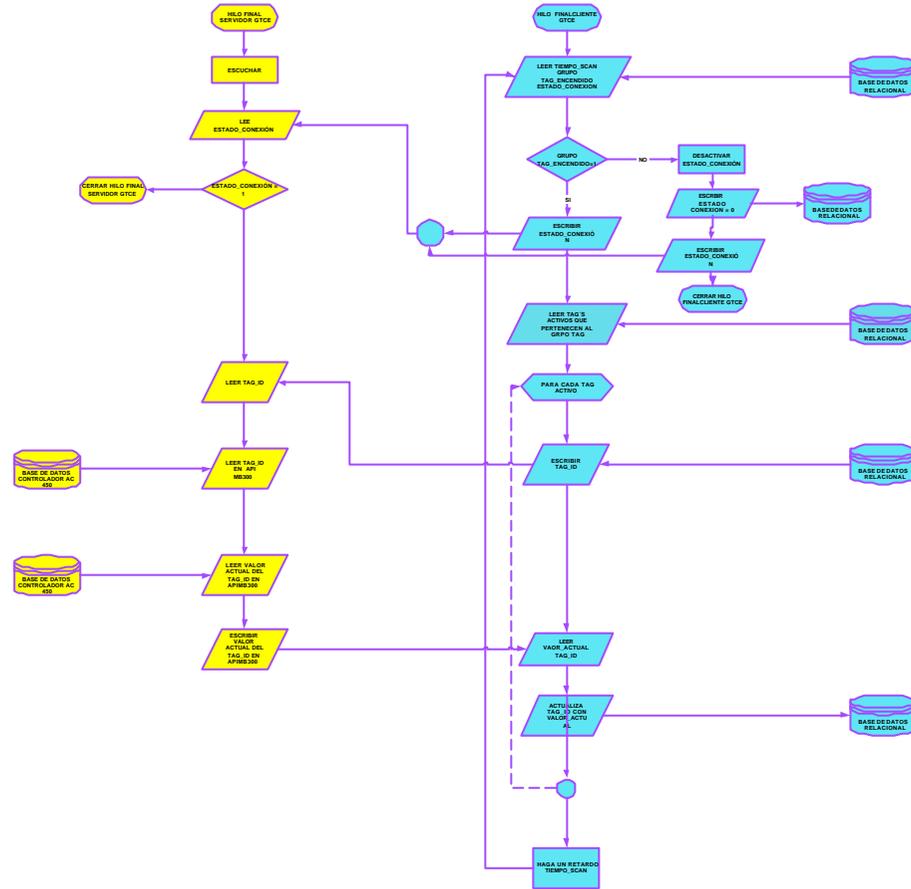
ANEXO B. Diagrama de Flujo Hilo Principal.



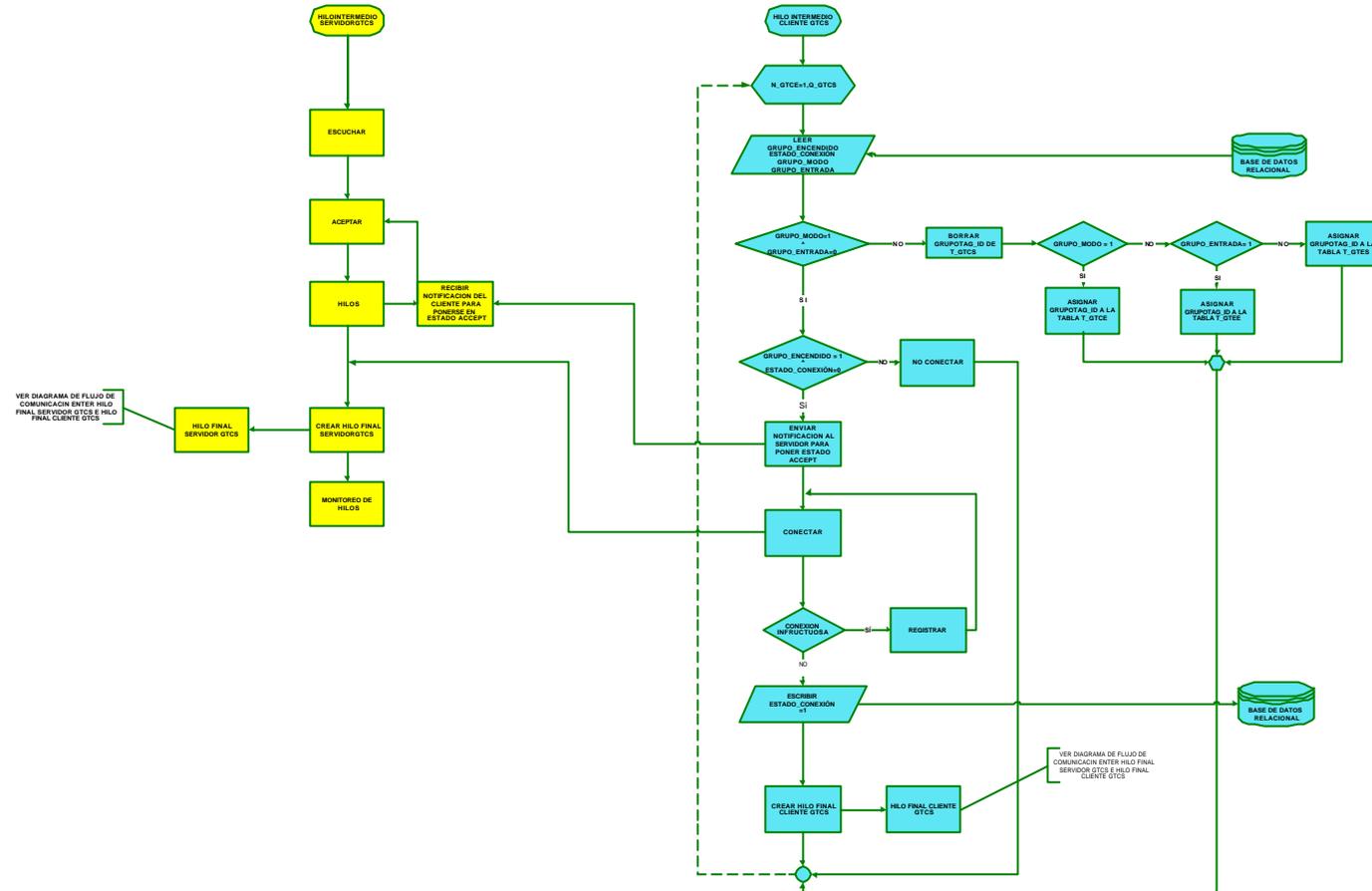
ANEXO C. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTCE.



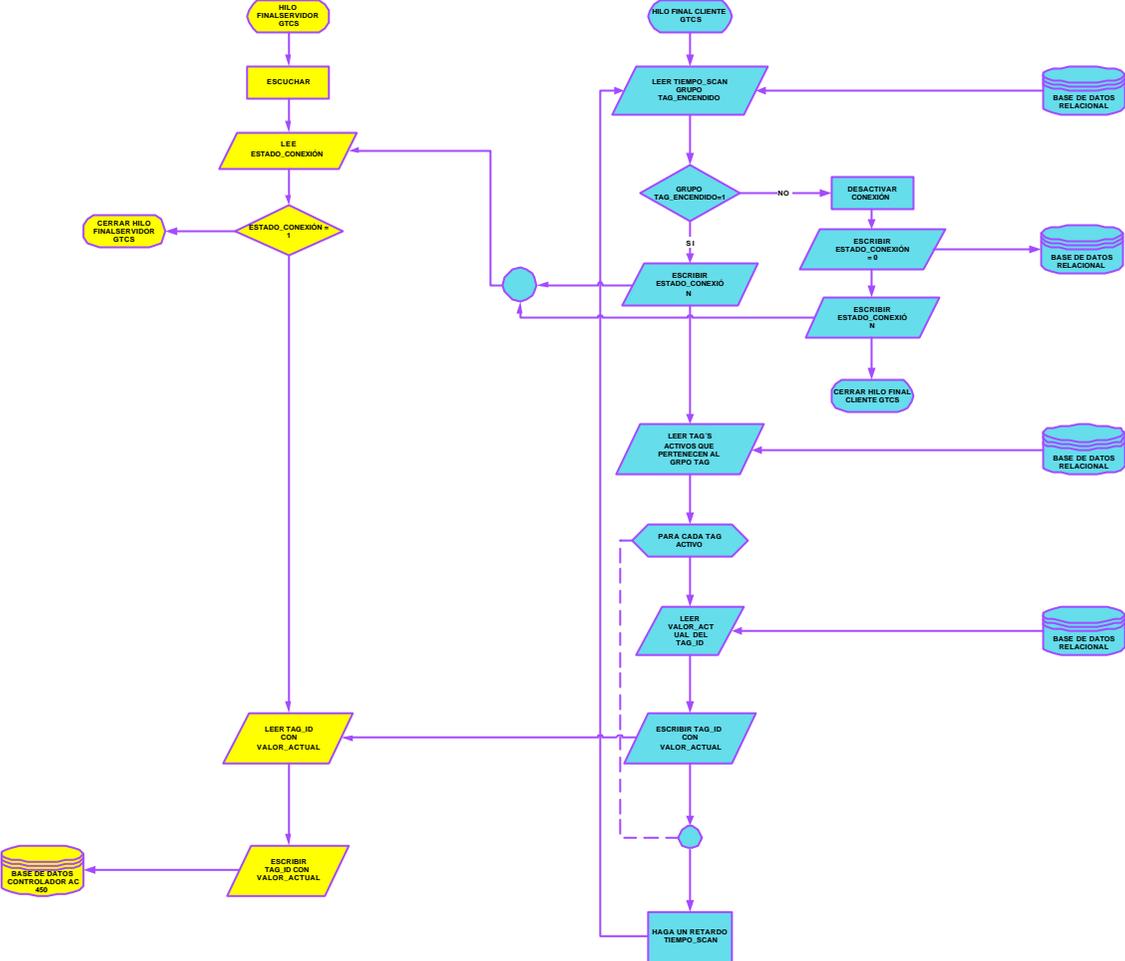
ANEXO D. Diagrama de Flujo Hilo Final GTCE.



ANEXO E. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTCS.



ANEXO F. Diagrama de Flujo Hilo Final GTCS.



ANEXO G. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTEE .

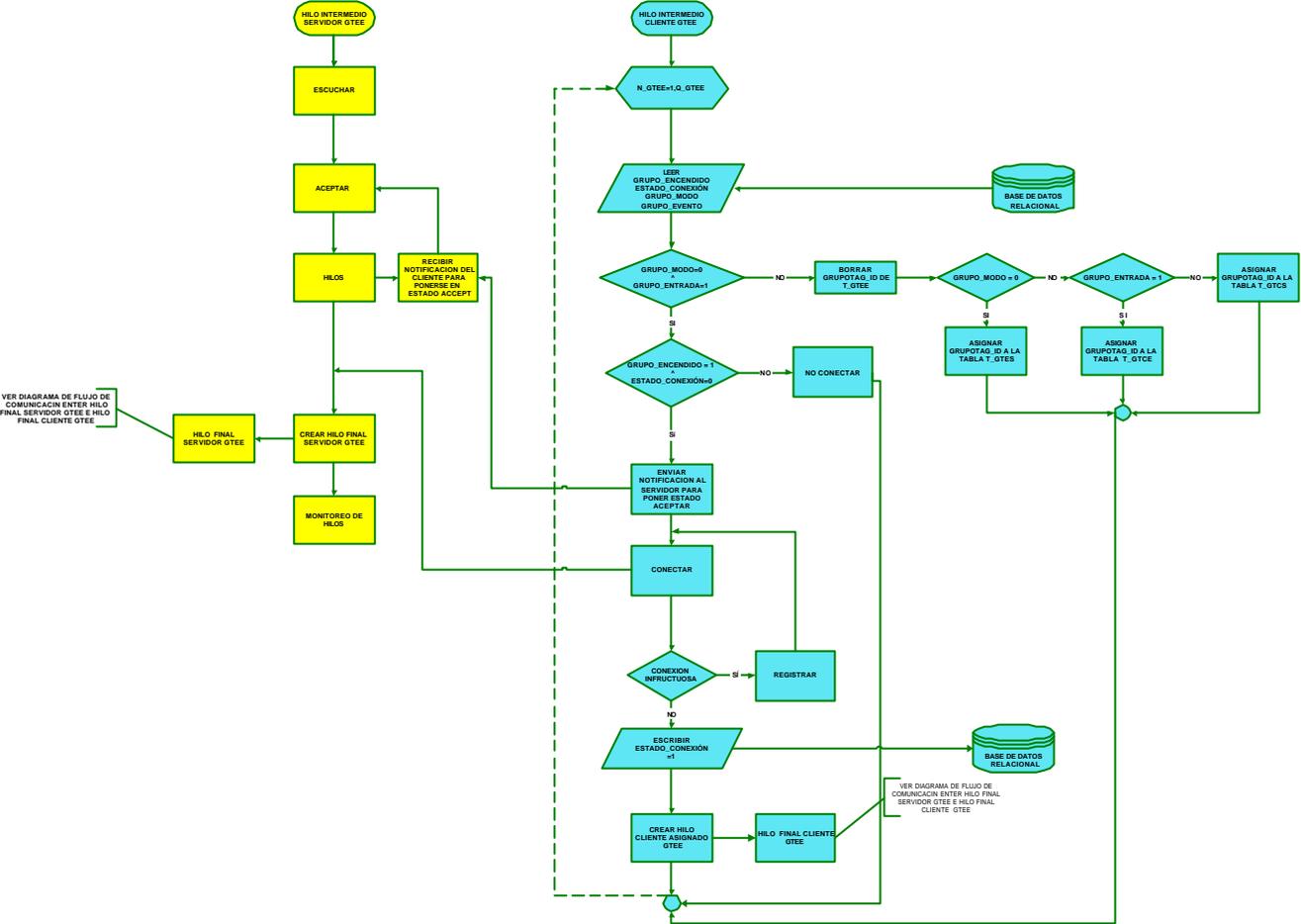
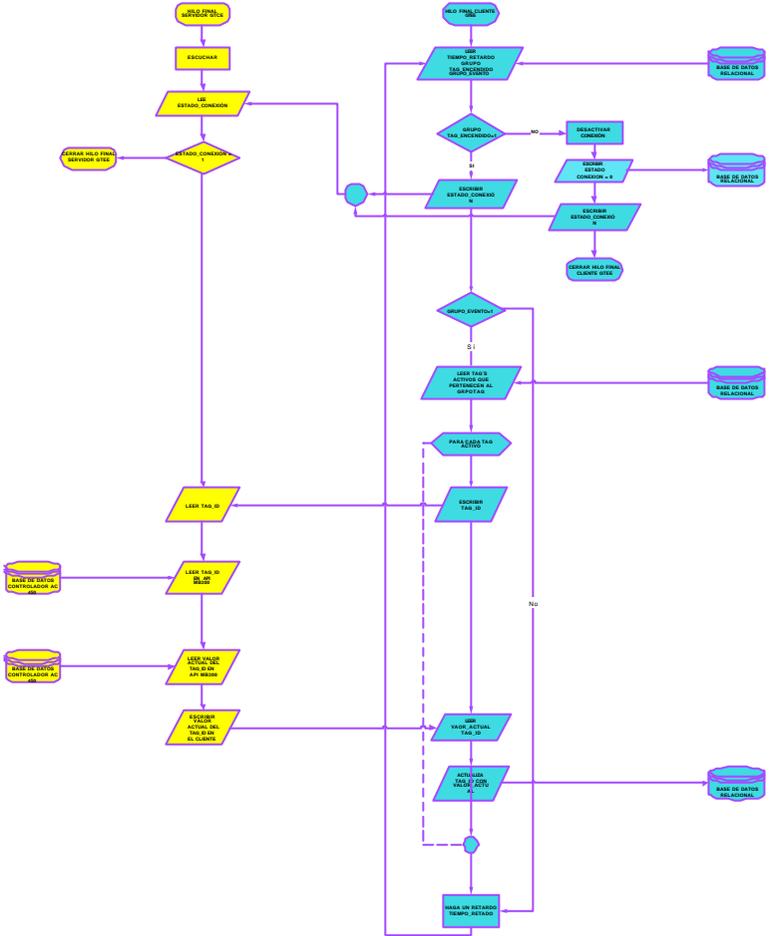
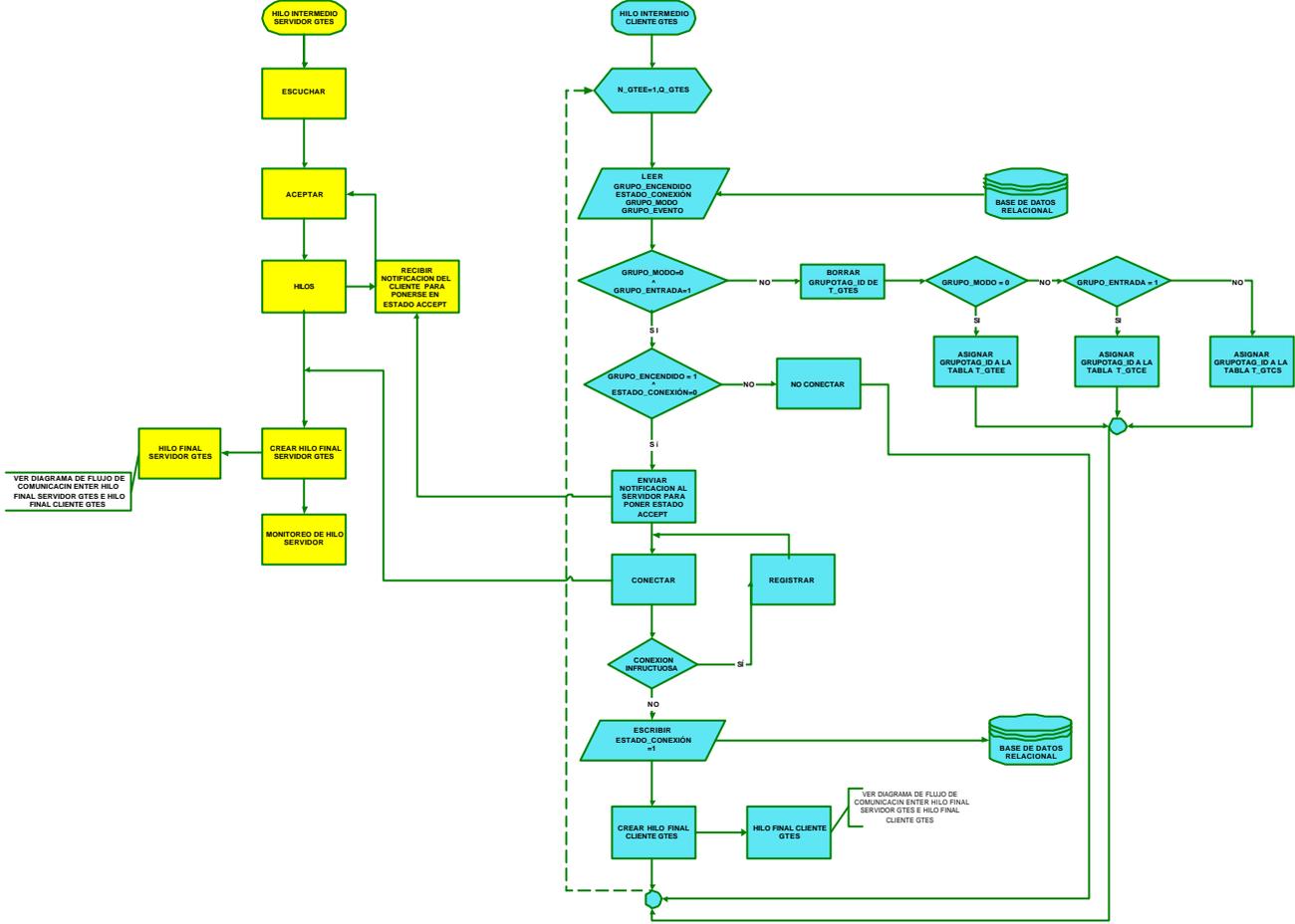


Figura 0-1

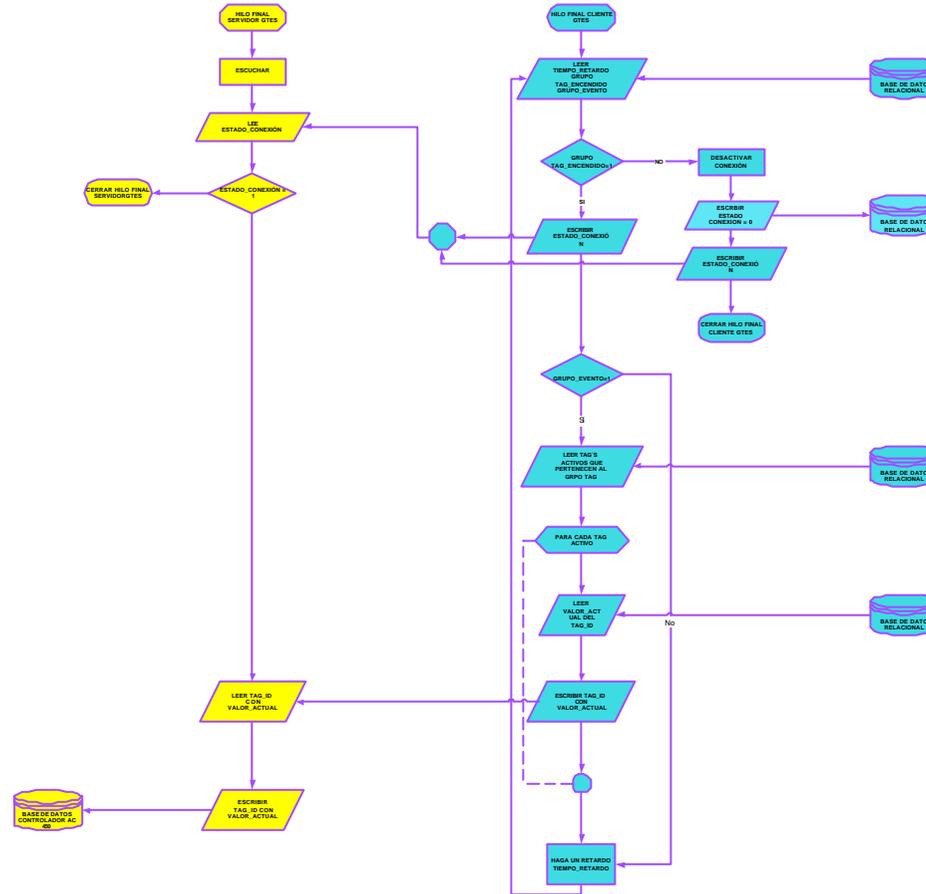
ANEXO H. Diagrama de Flujo Hilo Final GTEE.



ANEXO I. Diagrama de Flujo Hilo Intermedio GTES.



ANEXO J. Diagrama de Flujo Hilo Final GTES.



ANEXO K. Problema de Sincronismo

