

Sistema de Respuesta de Voz Interactiva (IVR) para la notificación de datos operacionales de la Planta Boquerón de la División Furrial - PDVSA

Interactive Voice Response System (IVR) for the notification of operational data of the Boqueron Plant of the Furrial Division – PDVSA

Cristhian Ronceros Morales¹ <https://orcid.org/0000-0001-8421-5217>,
Jessica Assi Ortiz² <https://orcid.org/0000-0002-2083-0429>, Yuselys Martinez Zambrano³
<https://orcid.org/0000-0002-2474-1108>, José Medina Acasiete¹ <https://orcid.org/0000-0001-9742-6013>, Pedro
León Zegarra¹ <https://orcid.org/0000-0002-1039-5363>

¹Universidad Privada San Juan Bautista, Ica, Perú
crncerosm@gmail.com, jose.medina@upsjb.edu.pe,
pedro.leon@upsjb.edu.pe

²Petróleos de Venezuela. Gerencia de Compresión Gas Oriente Ica, Perú
jessicamassio@gmail.com

³Freeway Consulting Ciudad de México, México
yuselys.martinez@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2022/07/03
Aceptado: 2022/09/16
Publicado: 2022/11/30

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo de un sistema de Respuesta de Voz Interactiva (IVR) para la notificación de datos operacionales referente a variables de procesos en la Planta Boquerón, de Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), Estado Monagas. El sistema IVR que en conexión con el módulo de históricos del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) Guardian del ALBA (GALBA) proporciona al usuario que lo requiera, la información actualizada en tiempo real de cualquiera de las variables de procesos que se empleen en la planta. El estudio fue de modalidad proyecto factible, correspondiente a investigación de campo y nivel descriptivo, debido a que se busca solventar

Sumario: Introducción, Metodología, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Ronceros, C., Assi, J., Romero, J., Martínez, Y., Medina, J. & León, P. (2022). Sistema de Respuesta de Voz Interactiva (IVR) para la notificación de datos operacionales de la Planta Boquerón de la División Furrial - PDVSA. *Revista Tecnológica - Espol*, 34(3), 100-117.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/articulo/view/954>

una necesidad. Se utilizaron cuatro fases de la Guía de Proyectos de Inversión de Capital (GGPIC). El sistema IVR desarrollado permite la adquisición de la información operacional de la Planta Boquerón (reportes de producción de crudo y gas, tendencias de producción de crudo y gas) desde cualquier lugar y momento, por el medio que el usuario prefiera, ya sea email, SMS o directamente por voz, proporcionando mayor confiabilidad de los datos para los ejecutivos de la alta gerencia, que permite agilizar la identificación de fallas y el proceso de toma de decisiones, y ayuda a mantener la continuidad de las operaciones de la Planta Boquerón.

Palabras clave: IVR, SCADA GALBA, Asterisk, GGPIC.

Abstract

The main objective of this project is the development of an Interactive Voice Response (IVR) system for the notification of operational data regarding process variables at the Boquerón Plant, Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), Monagas State. The IVR system that is in connection with the historical module of the Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA) Guardian of ALBA (GALBA) provides the user who requires it, the updated information in real-time of any of the process variables used in the plant. The study was of feasible project modality corresponding to field research and descriptive level, due to the fact that it seeks to solve a particular need. Four phases of the Capital Investment Project Guide (GGPIC) were used. The IVR system developed allows the acquisition of operational information from the Boquerón Plant (oil and gas production reports, oil and gas production trends) from any place and at any time, by any means the user prefers, either by email, SMS, or directly by voice, providing greater reliability of data for senior management executives, which allows speeding up the identification of failures and the decision-making process, and helps to maintain the continuity of operations at the Boquerón Plant.

Keywords: IVR, SCADA GALBA, Asterisk, GGPIC.

Introducción

En la actualidad los procesos industriales y el intercambio de información ocupan un alto porcentaje de los diseños y aplicaciones, convirtiéndose globalmente en un factor clave para el éxito de las empresas. Es por ello que, las empresas y organizaciones enfocan gran parte de sus esfuerzos en buscar técnicas y herramientas que les permitan optimizar su desempeño en ese ámbito. Una de las tendencias que se destaca es la de automatizar diversas actividades y procesos, con la finalidad de lograr mayor productividad y eficiencia, con mínimos costos de operación. La tecnología brinda amplias posibilidades dentro de este ámbito, ya que son innumerables los dispositivos y sistemas que permiten realizar dichas acciones.

Bajo este contexto la tecnología ha reducido los tiempos de transmisión de la información a distancia, permitiendo un acceso sin impedimentos, a bajo costo y con creciente versatilidad. Dentro de estos avances tecnológicos se puede incluir con facilidad a los sistemas telefónicos automatizados o IVR (Interactive Voice Response), el cual consiste en un sistema telefónico que es capaz de recibir una llamada e interactuar con el humano a través de grabaciones de voz. En este sentido, los Sistemas de Respuesta de Voz Interactiva actúan como fuente de interacción primaria atendiendo y guiando a sus usuarios hasta finalizar la gestión dando respuesta a las consultas o necesidades. Estos sistemas automatizados de respuesta interactiva, están orientados a la entrega y/o captura información a través del teléfono, permitiendo el acceso a servicios de información u otras operaciones (Vergara y García, 2017).

En un sistema IVR, el usuario realiza una llamada hacia el número de una empresa con dicho servicio, el sistema IVR contesta la llamada y le muestra al usuario una serie de opciones mediante audio pregrabado en archivos. Una vez que el usuario ha elegido una de las opciones, ya sea presionando una tecla de su teléfono (DTMF) o diciendo alguna palabra o frase (ASR), empieza a navegar por el menú hasta encontrar la información que está solicitando. Una vez hecho esto, el IVR enruta la llamada hacia el destinatario final (Gómez & Iza, 2010).

Las empresas utilizan los sistemas IVR para enrutar una llamada entrante a un departamento sin la necesidad de una intervención humana lo cual reduce el tiempo de espera de los clientes (Vergara y García, 2017). Los sistemas IVR se han convertido en casi omnipresente en esta sociedad basada en la eficiencia, y muchas personas con frecuencia interactúan con ellos.

Bajo este contexto, en las industrias petroleras, así también en empresas de otro ramo, el desarrollo de la tecnología en el área de las telecomunicaciones ha originado cambios acelerados en la forma en la que se comunican dentro y fuera de la organización, a través del uso de la telefonía fija, telefonía celular, Internet y todo lo que estas abarcan. Bajo este contexto, se encuentra operando la empresa Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), cuyas actividades principales son la explotación, producción, refinación, mercadeo y transporte del petróleo venezolano.

PDVSA, como varias empresas, posee muchos negocios y filiales ubicados a lo largo del país, siendo Boquerón unas de estas. El Campo Boquerón se encuentra ubicado a unos 4 kilómetros al noroeste de la ciudad de Maturín, estado Monagas, Venezuela. PDVSA Boquerón, S.A. dispone de un área de 60 kilómetros cuadrados (60km²) para explorar los recursos naturales existente en esa área. La Planta Boquerón de PDVSA utiliza el SCADA Guardian del Alba (GALBA) para la supervisión, control y adquisición de datos de la planta donde opera. El GALBA es un sistema de adquisición supervisión y control de datos de campo realizado por PDVSA bajo software libre (Chan, 2015). El SCADA GALBA, es un software que integra las funcionalidades de alto nivel que permiten la solución de aplicaciones de supervisión y control de procesos, utilizando para ello una arquitectura distribuida de módulos que procura escalar a aplicaciones de gran envergadura. El módulo de BDH (Base de Datos de Históricas) es el encargado de almacenar la información del sistema con el objetivo de que esta pueda ser empleada luego.

A través de los servidores de Asterisk, que están conectados con el servidor Nagios, que sirve de Gateway (Puerta de Enlace) a la red de procesos donde se encuentran los servidores del GALBA, se establece la comunicación para acceder a la BDH, para extraer algunas variables de producción de la base de datos PostgreSQL. Dicho servidor Nagios es el que contiene todos los protocolos de comunicación que hacen posible la interacción entre los servidores de Asterisk con los del GALBA. Igualmente, para ello Asterisk utiliza una Interfaz de Pasarela (Asterisk Gateway Interface, AGI), que permite la comunicación con sistemas terceros, de forma directa, ejecutando un script a voluntad, tan pronto la aplicación AGI sea invocada desde el plan de discado.

A pesar de que se puede acceder a dicha información, la misma no está disponible de manera automatizada, es decir, no existe una manera de obtener algún valor específico en un momento determinado, a menos que se contacte directamente al operador encargado del sistema CRT (Control Room Technician), o que el usuario posea una estación de trabajo de SCADA GALBA donde el mismo pueda localizar la información que necesita. Por consiguiente, la información puede llegar a ser afectada por errores de ámbito humano (errores

de lectura, mecanografía, auditivos, entre otros) y, a su vez, puede existir un retraso en la entrega de la misma.

Bajo este contexto, la presente investigación se orienta al desarrollo de un Sistema de Respuesta de Voz Interactiva (IVR) para Notificación de Datos Operacionales de la Planta. Este sistema se realiza a través de la interconexión de la base de datos históricos del SCADA Guardián del Alba con la central telefónica de Asterisk, que permite a los usuarios, obtener información en tiempo real de la producción de crudo y gas, así como la tendencia de la producción, de manera que se asegure la veracidad, rapidez y eficiencia de la misma, en cualquier lugar y momento, sin la necesidad de interactuar con algún ser humano.

Metodología

La presente investigación se enmarca en una investigación de campo con nivel descriptivo, ya que, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual de la Planta Boquerón. El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio (Arias, 2016).

La modalidad de investigación que se abordó fue de tipo factible, sobre este particular el manual de Trabajo Especial de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006) señala que “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”. (p.16). La presente investigación se orientó a brindar una solución a través de un sistema de Respuesta de Voz Interactivo (IVR) que permita la adquisición de la información operacional de la Planta Boquerón desde cualquier lugar y momento.

Diseño Operativo

Se basó en la Guías de Gerencias para Proyectos de Inversión de Capital (GGPIC) desarrollada por PDVSA como guía para el desarrollo de proyectos en cualquiera de las instalaciones de PDVSA. La GGPIC encuentra estructura en cinco fases para el desarrollo y operación de un proyecto dentro de la industria petrolera venezolana, las cuales son: visualización, conceptualización, definición, implantación y operación (GGPIC, 1999).

El proyecto solo abarcó las primeras cuatro fases, por tratarse de una propuesta de automatización, de tal manera que las actividades finales de la fase de implantación y operación quedan fuera del alcance del mismo. A continuación, se describen cada una de las fases:

Fase I: Visualizar

Esta fase permitió conocer y entender el funcionamiento y situación actual de la Planta Boquerón. Las actividades ejecutadas en esta fase fueron las siguientes:

1. Descripción general del proceso
2. Descripción de la situación actual
3. Requisitos generales para el sistema

Fase II: Conceptualizar

En esta segunda fase se realizó la evaluación tecnológica, es decir, un análisis de los requerimientos tecnológicos por medio de la evaluación de las oportunidades disponibles en el mercado que cubran las necesidades que presenta la empresa. Esta fase asentó el planteamiento del diseño de la solución, que no es más que la descripción detallada del producto que se va a

desarrollar y todas las herramientas a emplear, es decir, el sistema de respuesta de voz (IVR) para la Central Telefónica Asterisk haciendo conexión con el Guardián del Alba. Para ello se realizaron las siguientes actividades:

1. Identificación de los requerimientos mínimos de disponibilidad para el sistema de Respuesta de Voz Interactivo (IVR).
2. Identificación de las tecnologías disponibles en el mercado para el desarrollo del sistema de respuesta de voz interactivo.
3. Elaboración de la Matriz de comparación para la selección de la mejor tecnología.
4. Selección de la tecnología a proponer para el desarrollo de la propuesta.

Fase III: Definir

En esta tercera fase se realizó el diseño del sistema de Respuesta de Voz Interactivo (IVR), a partir de los requerimientos detectados y la tecnología seleccionada. Las actividades desarrolladas en esta fase fueron las siguientes:

1. Elaboración de diagramas de casos de uso para mostrar el diseño de la arquitectura de la solución planteada.
2. Elaboración de diagramas de flujo del Sistema Propuesto.
3. Diseño del plan de discado de Asterisk para el sistema IVR.

Fase IV: Implantar

En esta fase, se desarrollaron las funciones de comunicación y acceso a las tablas de históricos que contienen los datos operacionales, al igual que las instrucciones para el envío de la información por las diferentes vías, además se certifica que el sistema esté disponible para los usuarios finales.

1. Scripts de comunicación entre la central Asterisk y el Gateway.
2. Scripts de consulta entra el Gateway y el Módulo de Históricos del GALBA.
3. Pruebas de funcionamiento.

Resultados y Discusión

Fase I: Visualización

Descripción general del proceso

El Campo Boquerón tiene como función principal la extracción de crudo, además de realizar inyección de gas para mantener la presión natural del yacimiento en condiciones óptimas. El crudo proveniente de los pozos llega al múltiple de producción, a través de líneas individuales de flujo, donde es recolectada a tres niveles de presión diferentes: baja presión (45-50 psig), media presión (350-375 psig) y alta presión (850-1000 psig). Luego, pasa inmediatamente, al proceso de separación, este proceso se realiza en cascada, es decir, la producción recolectada en el múltiple, en la línea de alta presión, pasa al separador de alta presión (850 psig), de allí es enviado al separador de media presión (350 psig) donde se mezcla con la producción proveniente de la línea de media presión. Posteriormente entra al separador de baja presión (45 psig) donde se mezcla con el crudo proveniente de la línea de baja presión.

El crudo que deja el separador de baja presión, entra en el separador de baja presión donde el crudo se separa del gas (a presión de 10 psig) y se envía a la Unidad de Recuperación de Vapor (VRU). Luego de esto, el proceso se divide en dos vías, la del crudo y la del gas. Haciendo énfasis primeramente en el recorrido del crudo, este es transportado directamente a la deshidratadora de aceite electrostático, donde mediante un proceso se separa el crudo del agua. El crudo estabilizado y en especificación de 0,5% de grados API, se bombea a través del

enfriador de crudo (para reducir la temperatura a 120 °F) antes de alimentar los tanques de almacenamiento, de donde posteriormente será transmitido a las bombas de despacho, que se encargarán de enviar el crudo, pasando primero por la unidad de transferencia de custodia automática (ACT) que medirá el volumen de crudo transferido así como el volumen de agua contenida y la gravedad, hasta llegar hasta su destino de venta. A su vez, el agua es enviada al tanque de agua producida donde luego se bombea e inyecta a un pozo.

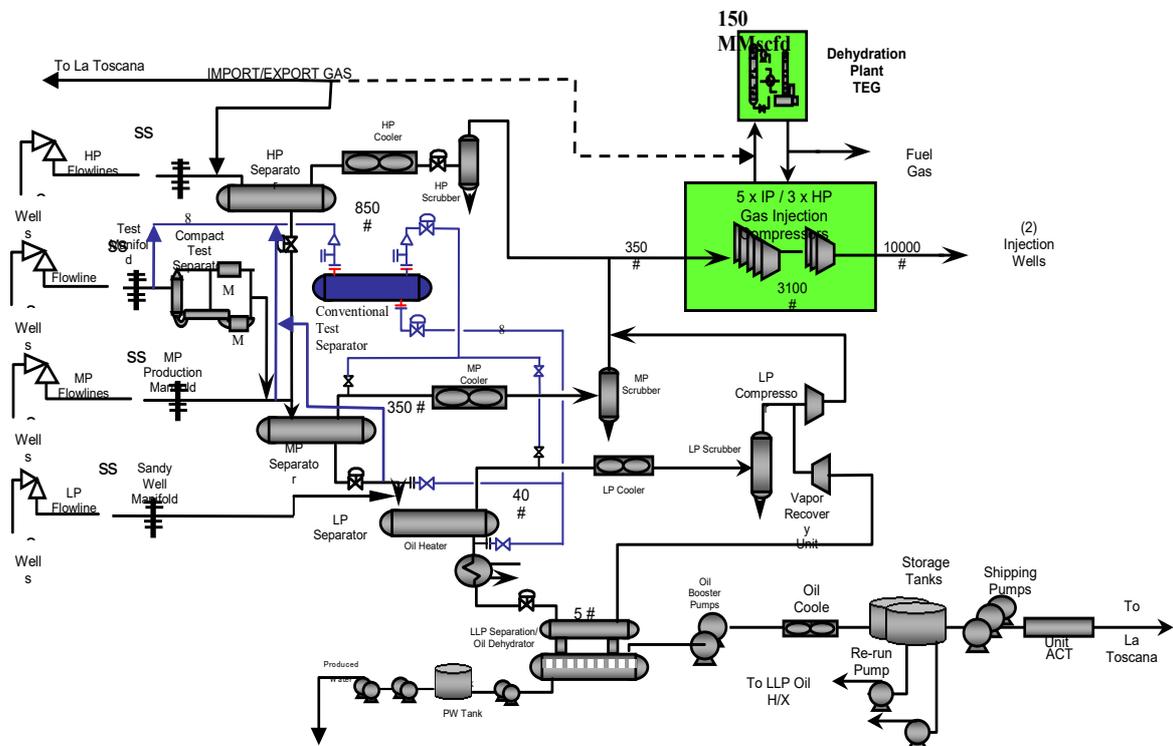
Los gases producidos en Boquerón, como resultado del proceso de separación, son recolectados por su respectivo depurador, en el caso del separador de media y alta presión, el cual los descarga a 350 psig; en el caso del depurador de baja presión, este recibe el gas del separador de baja presión en conjunto con el gas descargado por la VRU. Luego, es enviado al compresor de baja presión para igualar la presión a 350 psig y mezclarlo con el gas de media y alta presión mencionado anteriormente.

Partiendo del punto anterior, el gas descargado se mezcla con el gas de importación (en caso de haber existencia) antes de entrar en la unidad de Deshidratación, que luego es descargado a los compresores de presión intermedia, conocidos como compresores de 2da a 3era etapa, donde se comprime el gas a 2.900 psig, para posteriormente descargarlo en los compresores de 4ta y 5ta etapa que comprime el gas a 9.000 psig. El gas de alta presión de la última descarga, se inyectará al yacimiento para ajustar la presión de los pozos.

La Planta Boquerón, posee una capacidad instalada de procesamiento de 30.000 BOPD (28° - 38°API), 3.000 BWPD y 150 MMPCND. A continuación, en la Figura 1 se visualiza un esquema completo del proceso que se realiza dentro de la Planta Boquerón.

Figura 1

Esquema del proceso de la Planta Boquerón



En cada etapa del proceso detallado, se tienen diferentes instrumentos de campo con los que se pueden percibir señales de nivel, temperatura y presión que permiten al sistema de

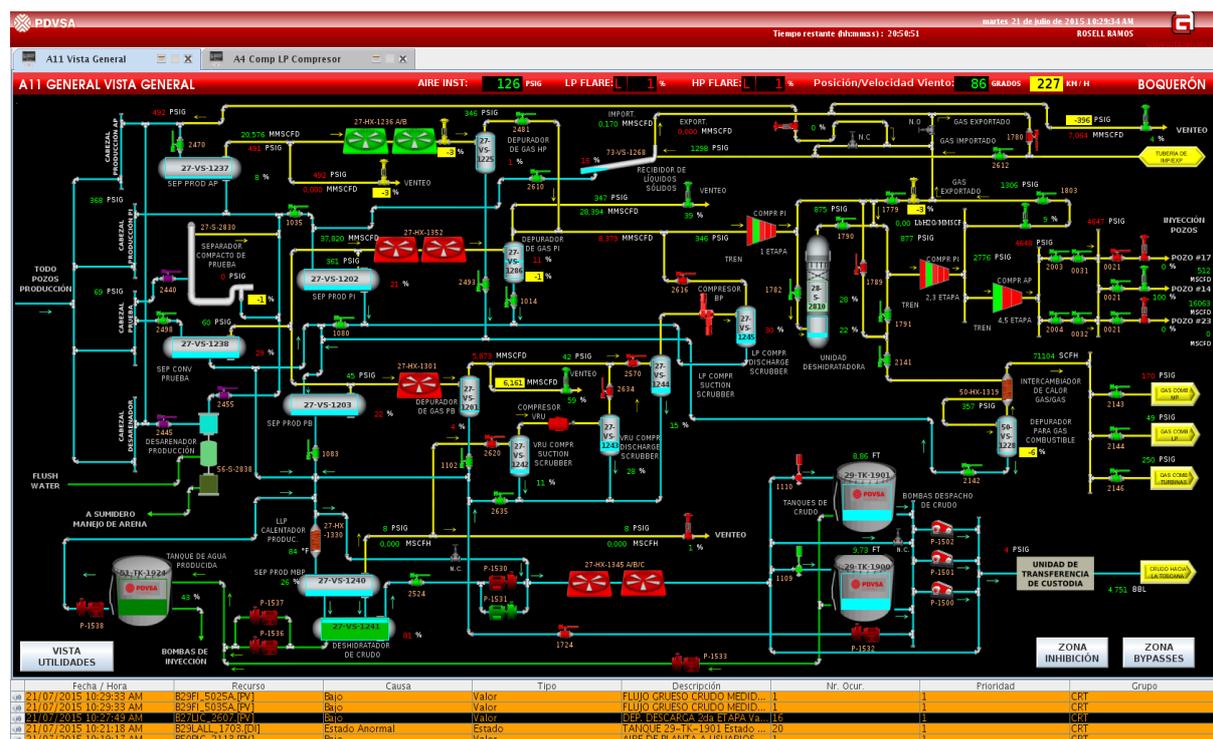
Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) de la Planta Boquerón monitorear y controlar dichas áreas.

Descripción de la situación actual

Como se menciona anteriormente, el sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) de la Planta Boquerón es denominado Guardián del Alba, el cual está enmarcado en el Proyecto de migración Bus de Campo, el mismo se encarga de monitorear y controlar los procesos del campo PDVSA Boquerón. En la siguiente Figura 2 se puede observar el despliegue general del Guardián del Alba:

Figura 2

Vista General del Guardián del Alba



Este sistema, está compuesto por varios módulos que le permiten realizar de la manera más óptima las tareas para las que fue implantado. Uno de los módulos de mayor importancia en esta investigación es el módulo de históricos. El módulo de Base de Datos de Históricos (BDH) es el encargado de almacenar la información del sistema con el objetivo de que esta pueda ser empleada luego (por ejemplo, en generación de reportes, tendencias o en gestión de producción), el mismo contendrá la información persistente de los datos recolectados de los dispositivos.

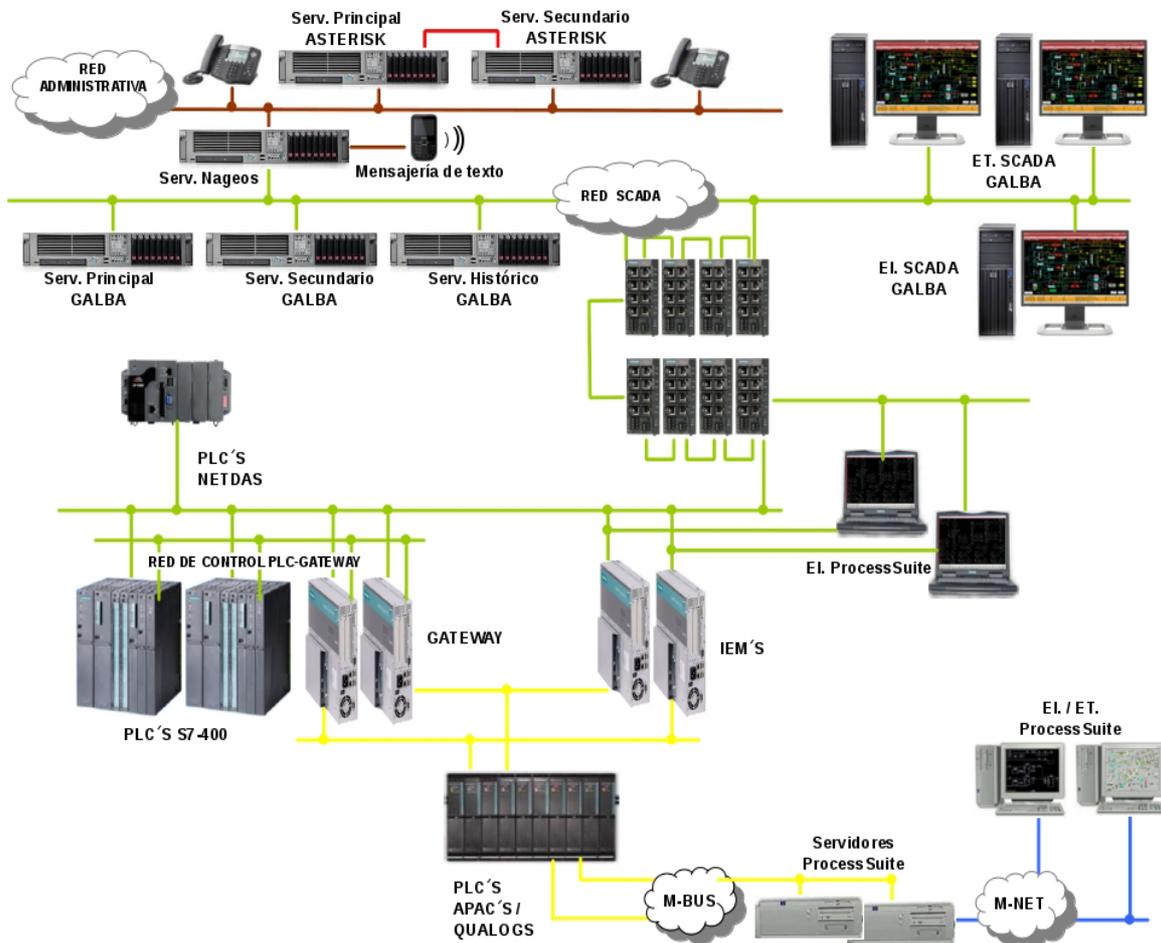
Para poder acceder a dicha información fuera de una Estación de Trabajo (ET), es necesario conectarse con el servidor Nagios, cuya función principal es monitorear que todos los servicios de comunicación de red de la planta se encuentren activos. Además, cuenta con un teléfono móvil de un (1) slot para SIM card, el cual le sirve para notificar a los usuarios indicados cuando uno de estos servicios tenga alguna falla o se encuentre fuera de servicio.

Adicionalmente sirve de Gateway (Puerta de Enlace) entre la red administrativa y la red de procesos, donde se encuentran los servidores del GALBA. A partir de allí se establece

la comunicación para acceder a la BDH y poder extraer las variables de producción necesarias. A continuación, se muestra en la Figura 3 el diseño de la arquitectura de comunicación:

Figura 3

Arquitectura de comunicación GALBA + Nagios + Asterisk



Enmarcado en el mismo contexto, la Planta Boquerón cuenta con una central telefónica, basada en software libre, bajo la plataforma de Asterisk, que proporciona a los usuarios de la red administrativa de planta un medio confiable de comunicación interna independiente de factores externos. Además, provee salidas externas de comunicación por medio de una conexión de telefonía IP con el Edificio Sede Maturín (ESEM). Ver Figura 4.

Por medio del Nagios, y el teléfono móvil con el que cuenta, y en conjunto con una aplicación Web, se les permite a los técnicos de sala de control (CRT) enviar en un mensaje de texto, a una serie de números telefónicos ya designados, que contiene los datos de producción de crudo y gas, a determinadas horas del día (generalmente a las 5:00 am, 1:30 pm, 9pm y ante cualquier situación fuera de evento).

El sistema de reportes de producción de la Planta se lleva a cabo bajo el ambiente de Microsoft Excel, por lo que requiere la intervención humana, el mismo es susceptible a los múltiples errores que esto acarrea.

integrarse con prácticamente cualquier sistema externo. Además de esto, admite el uso de múltiples protocolos de comunicación que le permitan conectarse con diferentes dispositivos.

Cisco CallManager: La solución Cisco Unified IP IVR está estrechamente integrada con el software de Cisco Unified CallManager y ofrece una fácil instalación, configuración y alojamiento de aplicaciones porque está diseñada para hacer un uso óptimo del poder de las comunicaciones basadas en IP, por lo que posee una gran capacidad para atender múltiples usuarios. Sin embargo, al ser software propietario hay que correr con costos de licencia, además de los costos de compra para hardware, debido a que la Planta no cuenta con este sistema.

Evaluación técnica de los equipos disponibles en el mercado

En esta etapa se evaluó las diferentes opciones para lo cual se establecieron los siguientes criterios que deben poseer el sistema IVR.

- A. Protocolos de comunicación.
- B. Conectividad.
- C. Captura de información.
- D. Capacidad múltiple.
- E. Registros históricos.
- F. Audio sobre demanda.

Posteriormente, se realizó la evaluación técnica de las centrales telefónica a base de los criterios mencionados anteriormente, para lo cual se desarrolló una matriz comparativa de tecnologías. Los pasos para la realización de la matriz se mencionan a continuación:

1. Selección los criterios de evaluación.
2. Ponderación de cada criterio, seleccionando el grado de importancia correspondiente
3. Totalización de puntos de los criterios

A continuación, en la Figura 5 se muestra la matriz de evaluación.

Figura 5

Matriz comparativa de tecnología para los transmisores

MATRIZ DE EVALUACION DE OPCIONES									
PROYECTO: Desarrollo de un sistema de Respuesta de Voz Interactivo (IVR) para notificación de datos operacionales									
CRITERIOS DE EVALUACIÓN				GRADOS DE IMPORTANCIA					
A	Protocolos de comunicación	3B	3A	3D	3E	2F	2A	4 Alto	3 Mediano
B	Conectividad	4B	3B	3B	3B	3B	2A	2 Bajo	1 Ninguno
C	Captura de información	4D	3E	3B	3B	3B	2A		
D	Capacidad múltiple	3E	3D	2C	2C	3B			
E	Registros históricos	3F	3D	2D	2C	3B			
F	Audio sobre demanda	2G	2G	2D	2C	3B			
G	Costos de instalación								
		G	F	E	D	C	B	A	
	OPCIONES	4	5	9	12	4	19	5	
	PESO	1	AL	10	2,10526	2,6316	4,73684	6,31579	2,1053
1	Nortel	2	4	3	5	3	2	2	
		4	11	14	32	6	20	5	92
2	Asterisk	5	4	4	5	4	5	4	
		11	11	19	32	8	50	11	141
3	Cisco CallManager	1	4	3	5	3	5	4	
		2	11	14	32	6	50	11	125
OPCIONES: (1) NO APROPIADO (2) SUFICIENTE (3) BUENO (4) MUY BUENO (5) EXCELENTE									

De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de evaluación de opciones tecnológicas (ver tabla anterior), la central telefónica de Asterisk representa la mejor opción para implementar el servicio de IVR con una puntuación total de ciento cuarenta y un (141) puntos, seguida por la central telefónica de Cisco con una puntuación total de ciento veinticinco (125) y como última opción se encuentran la compañía Nortel con un total de noventa y dos (92).

Fase III: Definir

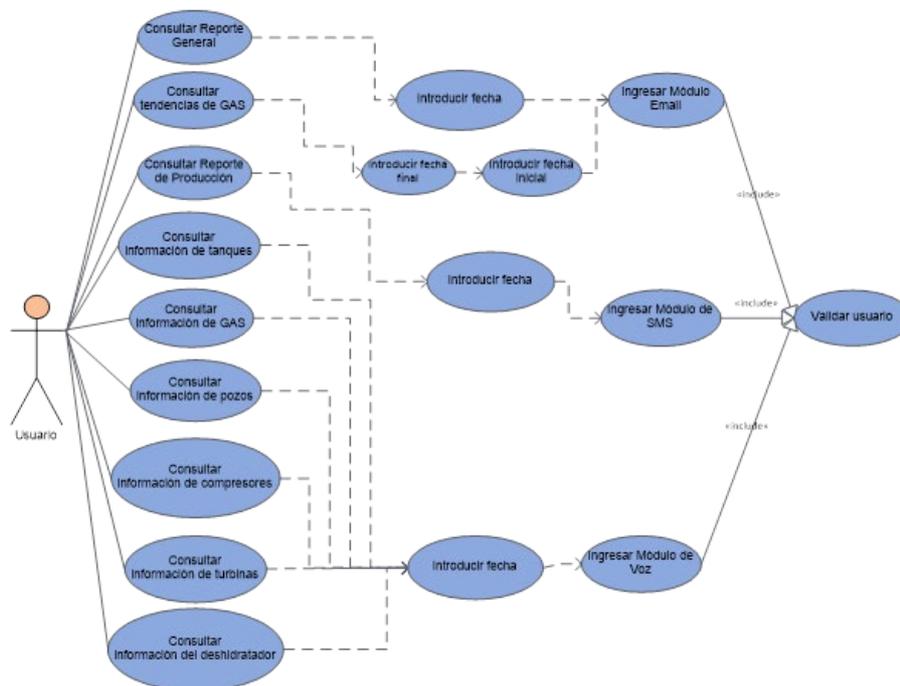
Para la ejecución de esta fase, se especifica el diseño de la solución, en el cual se muestra la estructura del sistema por medio de los múltiples diagramas elaborados para ello. En general, la importancia de esta fase radica, en brindarle sustento o bases al proyecto, es decir, detallar todos aquellos aspectos empleados para la definición y conceptualización del desarrollo del Sistema de Respuesta de Voz interactivo (IRV) para la Planta Boquerón.

Diagrama de caso de uso general del sistema

A continuación, en la Figura 6 se muestra un bosquejo de cómo estará estructurado el sistema IVR, es decir, la manera en la que estarán compuestos los módulos a fin de proporcionar un panel de navegación para que los evaluadores comprendan como podrán acceder a la información.

Figura 6

Diagrama de caso de uso general del sistema (IVR)



Diseño de la Base de Datos para controlar el acceso de los usuarios al sistema IVR

Debido a que el sistema desarrollado no debe permitir el acceso de cualquier persona, a efectos de que manejará información clasificada de las variables de la Planta, se concluyó en la implementación de una base de datos en la cual se listen todas las personas que podrán tener acceso al sistema ya mencionado. La base de datos desarrollada utiliza el manejador MySQL.

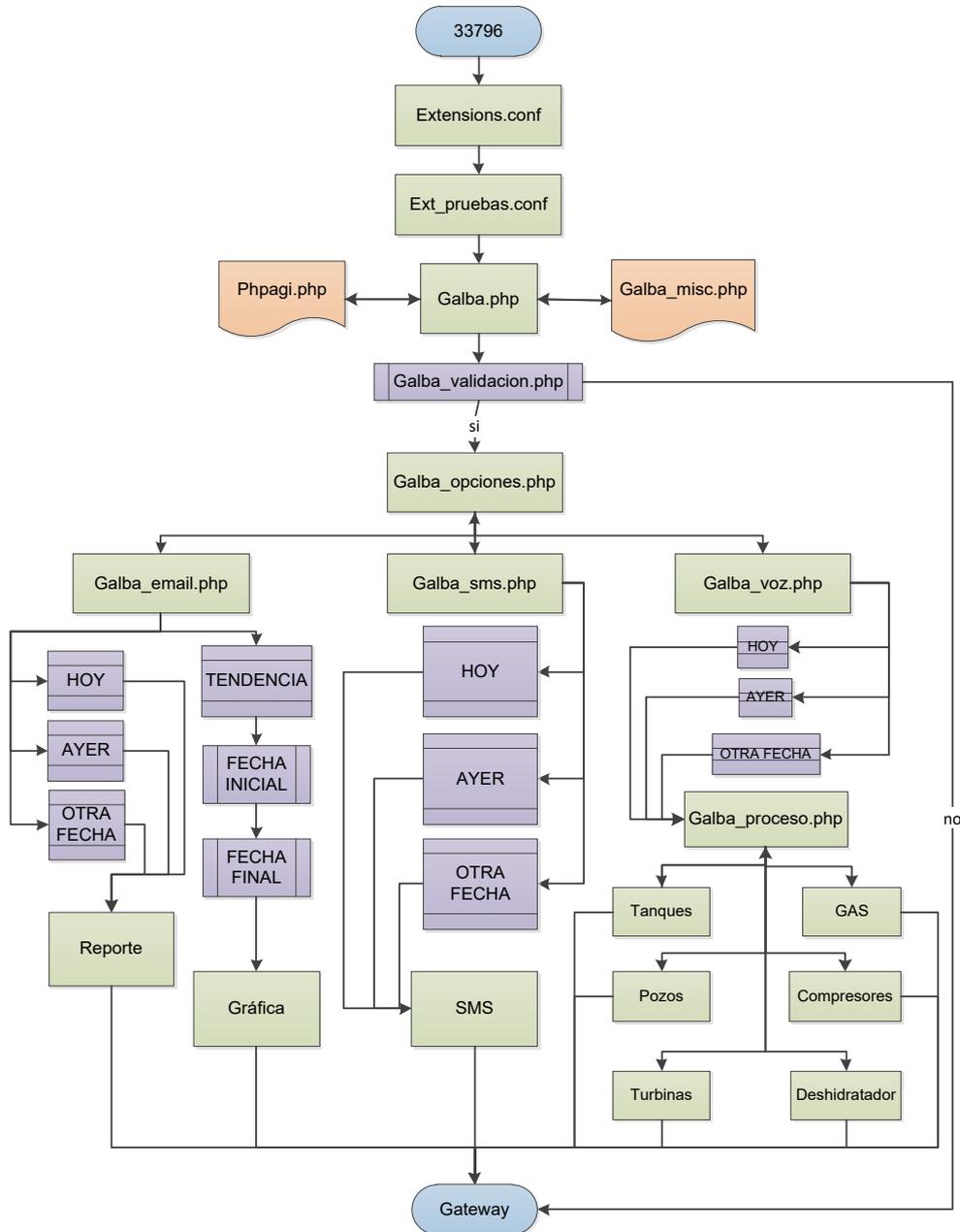
Diseño del Plan de Discado de Asterisk para el sistema IVR

Luego de haber sido aprobado el esquema propuesto del sistema de Respuesta de Voz Interactivo (IVR), es preciso presentar las vías de comunicación internas por las cuales se

realizarán todos los procesos intrínsecos necesarios, dentro del Plan de Discado de Asterisk, para llevar la información al usuario. Ver Figura 7.

Figura 7

Diagrama de comunicación interna del sistema



A fin de brindarle universalidad al sistema, es decir, que se pueda acceder a este desde cualquier parte del mundo, se le asignó una extensión fija, la cual deberá ser marcada por el usuario desde cualquier dispositivo telefónico para poder acceder a este. Así, si el usuario se encuentra dentro de las instalaciones de PDVSA solo deberá marcar la extensión 33796, si se encuentra fuera de sus instalaciones o emplea un dispositivo móvil, deberá marcar el código de área de la ciudad de Maturín (0291) seguido por 640 y en adición los últimos cuatro dígitos de la extensión, de esta manera, (0291)-6403796 y para llamadas fuera del país marcará +58(291)-6403796.

Fase IV: Implantar

En esta fase se realizaron actividades de corrección de errores, mejoras en el funcionamiento y usabilidad, a partir de la misma retroalimentación de los usuarios finales para así corregir los posibles errores, lagunas o inconsistencias en el sistema IVR.

Scripts de comunicación entre la central Asterisk y el Gateway

Una vez armada la estructura de comunicación del IVR en el DialPlan de Asterisk, se desarrolló el script que permitirá establecer comunicación con el servidor Nagios (que sirve de Gateway, el cual luego de recibir las consultas se encargará de realizarlas a la Base de Datos del Guardián del Alba).

Este archivo se denomina *galba_misc.php*, y como se mencionó anteriormente contendrá, aparte de las funciones necesarias para el armado de la estructura del IVR, las funciones que harán un llamado a los archivos php que se encuentran ubicados en el Gateway, y por medio de estas se establecerá la comunicación.

Scripts de consulta entra el Gateway y el Módulo de Históricos del GALBA

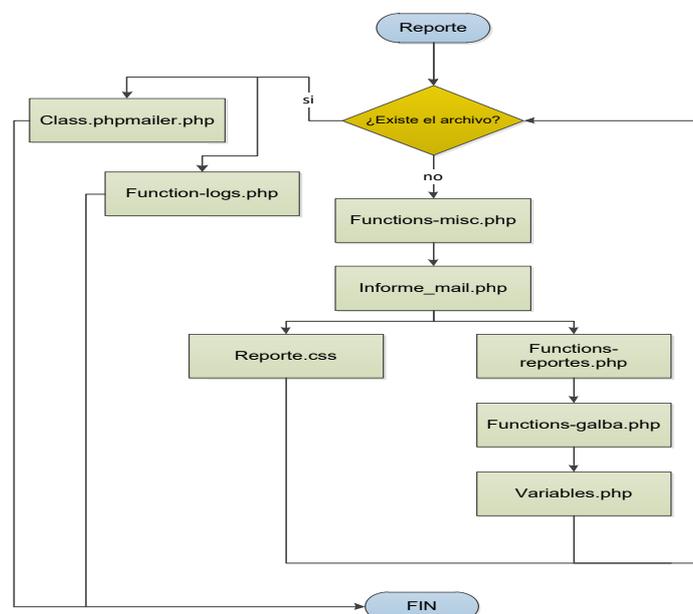
Luego de que se realice la consulta a través del servidor de Asterisk, cuando la petición llega hasta el servidor Nagios y dependiendo del módulo al que se haya ingresado, la comunicación se establecerá con su archivo respectivo en php (mail, gráfica, sms y voz).

Mail.php

Si el usuario generó una solicitud del Reporte General, por medio del módulo de Email, dicha consulta genera la invocación a su archivo respectivo en la puerta de enlace. En la Figura 8 se observa el flujo de comunicación que se desarrollará para obtener el producto final.

Figura 8

Diagrama de flujo para el Reporte General



En este archivo, se verifica principalmente si el Reporte General del día de la consulta realizada fue creado con anterioridad, en el caso de que el reporte no haya sido almacenado previamente se procederá a generarlo por medio del archivo *informe_mail.php*, que a su vez hace uso de *reporte.css* para incorporarle un estilo más llamativo al reporte que se generará.

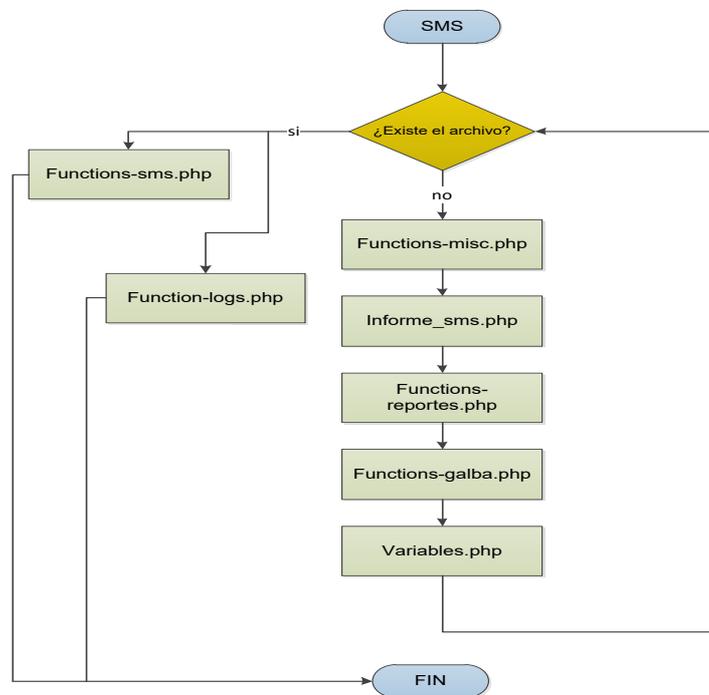
En caso contrario, si el archivo si se encuentra almacenado debido a que fue generado previamente, se procederá a enviarlo, y además se realizará un registro de la fecha en la que se realizó el envío, la fecha del reporte solicitado, el estatus del envío (si fue exitoso o no), el email del destinatario y el nombre del usuario que generó la solicitud, en un archivo de tipo log (registro) designado especialmente para el IVR.

Sms.php

Cuando el usuario haya ingresado al Módulo de SMS y solicitado el Reporte de Producción, inmediatamente se invocará al archivo *sms.php*, ubicado en el servidor que sirve de puerta de enlace (Nagios), a continuación, en la Figura 9 se presenta su respectivo diagrama de flujo.

Figura 9

Diagrama de flujo para Reporte de Producción



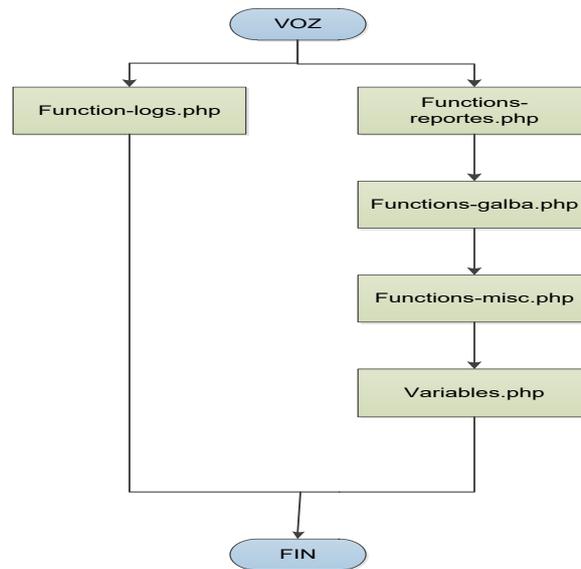
Haciendo un patrón con respecto a los archivos anteriores, en primera instancia se verifica si el reporte solicitado fue generado con anterioridad y dado el caso lo envía al cliente. Además reporta en el log, la información contenida en el mensaje enviado, el estatus del mismo, la fecha del envío y el número telefónico aunado al nombre y apellido del solicitante. En la situación opuesta, se genera el reporte por medio de *informe_sms.php*.

Voz.php

Por último, si la persona ingresó al Módulo de Voz, a diferencia de los módulos anteriores no existe ninguna información almacenada con anterioridad debido a la alta fluctuación de las variables que serán expulsadas vía telefónica. En este archivo, primeramente, se escribe en el log la fecha y la hora de la consulta, el proceso realizado y el nombre del usuario que ingresó. Luego hace un llamado a la base de datos del GALBA para retornar la información al servido Asterisk y este se encargará de transmitirla al usuario.

Figura 10

Diagrama de flujo para Reporte de Producción



El sistema de Respuesta de Voz Interactivo propuesto, cuenta con tres módulos que le proporcionan información al usuario. El primer módulo es el de Email, como su nombre lo indica la información solicitada por este módulo, será enviada al correo de la persona solicitante. Para ingresar a este módulo solo debe presionar el número uno (1).

El segundo módulo es el de SMS, el cual enviará al usuario la información solicitada vía mensaje de texto. El tercer y último módulo, es el de Voz, este emite al usuario la información directamente por el parlante telefónico gracias a la implementación de voces pregrabadas. Para ingresar a estos módulos deberá presionar el número dos (2) y tres (3), respectivamente.

El sistema IVR permite obtener la siguiente información:

- **Tendencias gráficas del manejo de GAS de la planta:** información acerca del manejo de gas de la planta.
- **Información de los Tanques:** información acerca de la producción almacenada en los Tanques de Crudo.
- **Información de GAS:** información del manejo de Gas de la Planta (importado, transferido, producido y quemado).
- **Información de Pozos:** información de pozos (presión de cabezal, de línea, de casing y temperatura de línea).
- **Información de los Compresores:** Información del estatus de los compresores y las horas de servicio que este lleva acumuladas para el corte diario de producción.
- **Información de Turbinas:** Información de las turbinas (estatus y horas de actividad).
- **Información del Deshidratador:** Información del porcentaje de agua de extracción al crudo por parte del deshidratador.

Pruebas de funcionamiento

Las pruebas ejecutadas se basaron en un recorrido por los menús del IVR, con la intención de verificar que todo funcione de acuerdo a lo dispuesto en el código, esto se refiere a que los saltos de un menú a otro se realicen correctamente. Además, se verifica que las rutinas de envío trabajen de manera eficiente y que las consultas realizadas al Módulo de Históricos del GALBA retornen el valor en cuestión.

Aunado a lo anterior, se realizaron pruebas de aumento en el flujo de llamadas, a pesar de que el sistema no será utilizado por muchas personas por el hecho de ser de uso restringido, ya que será empleado por la alta gerencia de la Planta. Las pruebas arrojaron como resultado que el sistema se encuentra apto para manejar un grupo considerable de usuarios, y en consecuencia a continuación será sometido a las pruebas de usuario.

Una vez finalizado el proyecto, en concordancia con los objetivos establecidos y los resultados obtenidos para el Desarrollo de un Sistema de Respuesta de Voz Interactivo (IVR) para notificación de datos operacionales de la Planta Boquerón, Distrito Furrial, PDVSA, Estado Monagas, se presentan las conclusiones a las que se llegó.

Conclusiones

En concordancia con los resultados obtenidos, durante el desarrollo del sistema de respuesta de voz interactivo (IVR) para notificación de datos operacionales de la Planta Boquerón, se presentan las siguientes conclusiones:

- El estudio completo del sistema de reportes y el proceso de adquisición de datos, por medio del SCADA GALBA de la Planta Boquerón, favoreció al proceso de recaudación de información y conocimientos precisos para así determinar los requerimientos necesarios en los que se basaría el diseño de la actualización del sistema, los cuales se orientaron a: 1) aumentar la disponibilidad de la información y acelerar la recepción de la misma; 2) prevenir y solventar las fallas y errores originados por el personal humano de manera que se pueda ampliar el rango de confiabilidad en el monitoreo de la Planta; 3) agilizar el proceso de toma de decisiones de la alta gerencia para el buen ejercicio de la Planta; 4) llevar la documentación de cada reporte de respaldo para su futura revisión, en caso de ser necesario; 5) la estandarización y optimización de los recursos disponibles, tanto de hardware como software, para el envío y recepción de información; 6) generación de un expediente en el que se almacene la información de cada usuario que utilizó el sistema, con la hora correspondiente.
- La matriz de evaluación de opciones tecnológicas arrojó como resultado que la central telefónica de Asterisk representa la mejor opción para implementar el servicio de IVR con una puntuación total de 141 puntos, seguida por la central telefónica de Cisco con una puntuación total de 125 y como última opción se encuentran la compañía Nortel con un total de 92.
- El sistema IVR se implementó sobre la base de los equipos existentes en la Planta, esto permitió optimizar los recursos, generando costos mínimos.
- El desarrollo del IVR generó mayor confiabilidad de los datos y valores para los ejecutivos de la alta gerencia de la Planta Boquerón, permitiendo agilizar la identificación de fallas y, por ende, el proceso de toma de decisiones, ayudando a mantener la continuidad de las operaciones. El IVR genera los siguientes reportes: tendencias gráficas del manejo de GAS de la planta, información de los tanques, información del manejo de Gas de la Planta (importado, transferido, producido y

quemado), información de pozos (presión de cabezal, de línea, de casing y temperatura de línea), información del estatus de los compresores y las horas de servicio que este lleva acumuladas para el corte diario de producción, información de las turbinas (estatus y horas de actividad).

- El período de pruebas del sistema permitió corroborar que los datos arrojados por el IVR estuvieran en concordancia con los mostrados por el Guardián del Alba, permitiendo identificar aquellos fuera de concordancia.
- Los sistemas de Respuesta de Voz Interactiva se orientan a la entrega y/o captura de información a través del teléfono, permitiendo el acceso a servicios de información u otras operaciones. Este tipo de sistema no es utilizado para la entrega de información operacional relacionada con la industria petrolera, razón por la cual la propuesta planteada para la Planta boquerón perteneciente a PDVSA servirá de guía para replicar su aplicación en otras instalaciones de PDVSA o de otra empresa productiva.

Referencias

- Ahmed, A. (2011). *VoIP Performance Management and Optimization*. Estados Unidos: Cisco Systems, Inc.
- Aguilera E. (2009). *Diseño de la Instrumentación y Control de un Equipo Portátil para Pruebas de Producción de Pozos, en las Áreas del Furrial y Orocuál Distrito Norte de Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA)*. Universidad de Oriente Núcleo Monagas.
- Arias, F. (2016). *El Proyecto de Investigación*. (7ma). Caracas: Episteme.
- Chan, D. (2015). *Desarrollo del Sistema Integral Guardián del ALBA para la supervisión y control de la Planta Compresora Jusepín200 ubicada en el Hato Nuevo Limón de PDVSA – División Furrial*. Trabajo presentado para optar al título de Ingeniero de Sistemas, Universidad de Oriente, Monagas, Venezuela.
- Gómez, E. y Iza, G. (2010). *Implementación de un IVR (Interactive Voice Response) utilizando un VoiceXML Browser [Tesis en línea]*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Consultada el 10 de marzo de 2021 en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11606/2/Tesis-IVR-VXML.doc>
- Nuñez, L. (2018). *Sistema IVR para la mejora de la gestión de cobranza de la empresa consorcio de tecnología e innovación S.A.C., Jaén 2017*.
- Ogata K. (2010). *Ingeniería de Control Moderno*. Quinta Edición. España. Editorial Prentice Hall.
- Ortega, D. (2007). *Diseño e implementación de un sistema interactivo de respuesta de voz (IVR) piloto para la reserva de boletos del ferrocarril Cuzco–Machu Pichu [Tesis en línea]*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú. Consultada el 02 de marzo de 2022 en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/203/ORTEGA_DAVID_DISENO_IMPLEMENTACION_SISTEMA_INTERACTIVO_RESPUESTA_VOZ.pdf?sequence=2
- PDVSA. (1999). *Guías de Gerencias para Proyectos de Inversión de Capital*. Caracas: Autor. Documento mimeografiado.
- Sánchez, R. (2012). *Servicio de respuesta de voz iterativa para el Hospital Nacional Rosales [Tesis en línea]*. Universidad de El Salvador, República de El Salvador. Consultada el 29 de enero de 2021 en: <http://ri.ues.edu.sv/1722/1/TESIS.pdf>
- Sinchire, M. y Arévalo, G. (2013). *Diseño e implementación de un prototipo de sistema IVR (Interactive Voice Response), utilizando ASTERISK, para la Universidad Politécnica Salesiana Quito-Campus Sur*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5354>
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas: FEDUPEL

Vergara, I. & García, S. (2017). Diseño de un sistema de respuesta de voz interactiva (IVR) redundante a través de la plataforma Genesys voice platform (GVP) en Emtelco S.A.. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12622/4057>.