



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN SISTEMAS**

“Implementación de un sistema de monitoreo remoto, en el tanque de almacenamiento y unidad de bombeo de crudo, de los pozos del Bloque Gustavo Galindo Velasco Pacifpetrol”

AUTOR

**ORLY NARCISO MEDINA SUÁREZ**

PROFESOR TUTOR

**ING. CARLOS SÁNCHEZ LEÓN**

LA LIBERTAD – ECUADOR

2020

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradezco a Dios, por ser la luz en mi camino y por los logros alcanzados en mi vida. Gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto emprendido, a mis maravillosos padres por darme la vida, en especial a mi madre, que en momentos difíciles nunca se rindió entregándome la mejor educación acompañadas de principios y valores. A mi hermana mayor por ser un ejemplo de crecimiento profesional y personal.

A mi esposa por ser incondicional, siendo parte de esta travesía llena de éxitos y fracasos que junto a mi hija se han convertido en uno de mis ejes principales de lucha, inspiración y superación.

A mis amigos y compañeros que estuvieron en la trayectoria de mi desarrollo profesional.

Un agradecimiento infinito al Ing. Carlos Sánchez, por ser un excelente tutor, gracias por su entrega en mi aprendizaje, por compartir sus sabios conocimientos en mi proyecto de titulación.

**Orly Narciso Medina Suárez**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: **“Implementación de un sistema de monitoreo remoto, en el tanque de almacenamiento y unidad de bombeo de crudo, de los pozos del Bloque Gustavo Galindo Velasco Pacifpetrol”**, elaborado por la estudiante **Medina Suárez Orly Narciso**, de la carrera de Informática y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicia los trámites legales correspondientes.

La Libertad, septiembre del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Sánchez León', is written over a horizontal dotted line.

**Ing. Carlos Sánchez León**

## **TRIBUNAL DE GRADO**

---

Ing. Freddy Villao Santos, MSc.  
**DECANO DE FACULTAD**

---

Ing. Samuel Busto Gaibor MGT.  
**DIRECTOR DE CARRERA**

---

Ing. Carlos Sánchez León, MSc.  
**PROFESOR TUTOR**

---

Lsi. Daniel Quirumbay Yagual, Msia.  
**PROFESOR DE ÁREA**

---

Ab. Lidia Villamar Morán.  
**SECRETARIA GENERAL**

## RESUMEN

En la actualidad existen sistemas de monitoreo de forma remota, implementadas en grandes y pequeñas industrias. Empresas internacionales que brindan soluciones en conocer el nivel de tanques en tiempo real [1]. Utilizando el internet como medio de comunicación.

En Ecuador existen empresas que tiene sistema de monitoreo de forma local, utilizando direccionamiento IP para su comunicación. Para algunas empresas un dispositivo de monitoreo con tecnología GPRS es un costo elevado la implementación, mantenimiento y operatividad del equipo [2].

La empresa Pacifpetrol realiza la actividad de extracción de crudo con la Unidad de Bombeo Mecánico, llamado balancín. Extrayendo el petróleo del pozo y almacenándola en un tanque de crudo, los tanques de almacenamiento se encuentran a 17 km de distancia con respecto a las oficinas centrales.

Para conocer el nivel de petróleo en el tanque y el estado de operatividad (encendido/apagado) del balancín, se realiza la inspección del tanque y del balancín de 4 o 5 veces a la semana. No se sabe la hora cuando un balancín deja de funcionar o cuando el tanque de petróleo excede el nivel máximo de capacidad permisible.

Pacifpetrol no cuenta con un sistema de monitoreo de forma remota de tal magnitud. Se necesita conocer periódicamente el nivel de tanque de petróleo y el estado de operatividad del balancín, en los pozos donde no existe la red eléctrica.

Conociendo el problema, se realiza la implementación de un sistema de monitoreo remoto, utilizando instrumentación de medición, registrador de datos con tecnología GPRS y tarjetas microcontroladoras para el control automático del balancín.

Obteniendo como resultado en conocer el nivel del taque y el estado de operatividad del balancín cada 30 minutos.

Un sistema de monitoreo de forma remota con tecnología GPRS, optimiza el tiempo en la obtención de datos de la producción de los pozos de petróleo del campo Ancón.

## **ABSTRACT**

Nowadays there are remote monitoring systems, implemented in large and small industries. International companies that provide solutions in knowing the level of tanks in real time [1]. Using the internet as a communication method.

In Ecuador, there are companies that use a local monitoring system, using IP address for communication. For some companies, a monitoring device with GPRS technology is a high cost of equipment implementation, maintenance and operation [2].

The Pacifpetrol Company carries out the activity of crude oil extraction with the Mechanical Pumping Unit, called rocker arm. Extracting the oil from the well and storing it in a crude oil tank, the storage tanks are 17 km away from the corporate headquarters.

To know the oil level in the tank and the state of operation (on / off) of the rocker arm, the tank and rocker arm are examined 4 or 5 times a week. The time is not identified when a rocker arm stops working or when the oil tank exceeds the maximum allowable capacity level.

Pacifpetrol does not have a remote monitoring system of such magnitude. Regularly need to know the oil tank level and the state of operation of the rocker arm in wells where there is no electrical network.

Knowing the problem, the implementation of a remote monitoring system is performed, using measurement instrumentation, data logger with GPRS technology and microcontroller cards for the automatic rocker arm control.

As a result, knowing the tank level and the state of operation of the rocker arm every 30 minutes.

A remote monitoring system with GPRS technology optimizes the time to obtain production data from the Ancón oils wells.

## DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena



Orly Narciso Medina Suárez

# TABLA DE CONTENIDOS

ÍTEM	PÁGINA
AGRADECIMIENTO .....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
DECLARACIÓN .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	3
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	6
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICO.....	6
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.5 ALCANCE.....	9
1.6 METODOLOGIA.....	10
1.6.1 INVESTIGACIÓN DIAGNOSTICA.....	10
1.6.2 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA. ....	11
1.7 RESULTADOS ESPERADOS .....	13
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>14</b>
2.1 MARCO CONTEXTUAL .....	14
2.1.1 Generalidades de Pacifpetrol S.A.....	14
2.1.2 Generalidades de sistema monitoreo de forma remota.....	14
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	15
2.2.1 SISTEMA ARTIFICIAL POR BOMBEO MECÁNICO .....	15
2.2.2 SISTEMAS DE TELEMETRÍA .....	15
2.2.3 REDES MOVILES CELULARES .....	16
2.2.4 MONITOREO REMOTO .....	16
2.2.5 PANEL FOTOVOLTAICOS.....	17
2.3 MARCO TEORICO .....	18
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>20</b>
3.1 COMPONENTES FISICOS Y LOGICOS .....	20
3.1.1 NEMOS LP.....	20
3.1.2 SITRANS LH100.....	21
3.1.3 ANTENNAE MACNETIS GSM4.....	21
3.1.4 TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO.....	22
3.1.5 SENSOR MAGNÉTICO .....	22
3.1.6 SENSOR SHARP GP2 Y0A21YK0F.....	23
3.1.7 PANEL SOLAR POLICRISTALINO .....	23
3.1.8 MODULO LM2596 5V/12V/24V 3A (regulador de voltaje).....	24
3.1.9 MODULO RELE DE 12V DE 1 CANAL .....	24
3.1.10 PLATAFORMA ZEUS 5 .....	25
3.1.11 MICROCONF.....	27
3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	27
3.2.1 DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA DEL CONTROL DEL BALANCIN .....	27
3.2.2 ESTRUCTURA ELECTRICA DEL NEMOS LP .....	28
3.2.3 ESTRUCTURA ELECTRICA ARDUINO UNO .....	30

3.2.4	ESTRUCTURA ELECTRICA MODULO LM2596 .....	32
3.2.5	ESTRUCTURA ELECTRICA MODULO RELE .....	32
3.2.6	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL Y MONITOREO .....	33
3.3	IMPLEMENTACION .....	34
3.3.1	Configuración del Servidor de Monitoreo en oficinas de Pacifpetrol.....	34
3.3.2	Configuración del Nemos LP.....	34
3.3.3	Ajuste del Módulo LM2596 (regulador de voltaje) .....	36
3.3.4	Programación del ARDUINO UNO.....	37
3.3.5	Desarrollo del Circuito del control y monitoreo .....	39
3.3.6	Instalación del dispositivo de monitoreo .....	40
3.3.7	Creación de interfaz de Sinópticos .....	41
3.3.8	Visualización del sistema de monitoreo .....	42
3.4	FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO.....	44
3.4.1	Costo del proyecto.....	44
3.5	RESULTADOS .....	46
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de recolección de petróleo, autor: Orly Medina .....	2
Figura 2: Esquema del sistema a implementar, autor: Orly Medina. ....	5
Figura 3: Diagrama de Bloque del sistema de Monitoreo, autor: Orly Medina.....	5
Figura 4: Esquema de sistema de notificaciones. Autor: Orly Medina. ....	7
Figura 5: Distancia en línea recta de oficinas centrales hacia los tanques de almacenamientos. realizada en google earth. ....	9
Figura 6: Distancia de los pozos. Imagen realizada en Google Earth. ....	12
Figura 7: Esquema de bombeo mecánico. Autor: Orly Medina.....	15
Figura 8: Sistema de telemetría por medio de la red celular. Autor: Orly Medina. ....	15
Figura 9: Esquema de monitoreo remoto. Autor: Orly Medina. ....	17
Figura 10: Panel solar [16].....	17
Figura 11:Registrador de datos medio de comunicación NEMOS LP [21]. ....	20
Figura 12: Sensor Siemens SISTRANS LH100 [23]. ....	21
Figura 13: antena para la trasmisión de señal [25]. ....	21
Figura 14: Figura. Tarjeta de desarrollo Arduino Uno [26].....	22
Figura 15: Sensor magnético [27]. ....	23
Figura 16: sensor de distancia para prototipo de control del balancín. ....	23
Figura 17: Panel solar de 10w-12v.....	23
Figura 18: Modulo regulador de voltaje. ....	24
Figura 19: Modulo rele 12v. ....	24
Figura 20: Programa de gestión Zeus Server. ....	25
Figura 21: Plataforma Zeus web. Captura de pantalla.....	26
Figura 22: Zeus Mobile. Captura de pantalla.....	26
Figura 23: Software de desarrollo de sinópticos. Captura de pantalla. ....	27
Figura 24: Ventana de configuración del Nemos LP. Captura de pantalla.....	27
Figura 25: Conexión de contacto libre de potencia [34].....	29
Figura 26: Cableado de sondas de 2 hilos y 4 hilos [34]. ....	30
Figura 27: Circuito eléctrico del Nemos LP. Autor: Orly Medina. ....	30
Figura 28: esquema de pines en Arduino Uno [35].....	30
Figura 29: Esquema eléctrico de Arduino Uno. Autor: Orly Medina. ....	31
Figura 30: Circuito del regulador de voltaje. Autor: Orly Medina. ....	32
Figura 31:Circuito de Relé de 12v. Autor: Orly Medina. ....	32
Figura 32: Circuito de ON y OFF del motor del balancín. ....	33
Figura 34: Configuración de estación. Autor Orly Medina. ....	35
Figura 35: Configuración de entradas analógicas. Autor: Orly Medina.....	36
Figura 36: Configuración de temporizador. Autor: Orly Medina. ....	36
Figura 37: Ventana de verificación de lectura de los sensores. autor: Orly Medina. ....	36
Figura 39: Diagrama de flujo del encendido y apagado del balancín. Autor: Orly Medina. ....	38
Figura 40: Definición de variables en el Arduino. Autor: Orly Medina. ....	38
Figura 41: implementación del circuito del control automático. Autor: Orly Medina.....	39
Figura 42: Prototipo del balancín. Autor: Orly Medina. ....	39
Figura 44: Calibración del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina. ....	40
Figura 45: Nivel de petróleo obtenido en el dispositivo. Autor: Orly Medina. ....	40
Figura 46: Dispositivo de monitoreo en la superficie del tanque. Autor. Orly Medina .....	41
Figura 47: Tanque de almacenamiento de PETROPOLIS. ....	41
Figura 48: Diseño creado en Zeus Synoptic. Autor: Orly Medina.....	42
Figura 49: Diseño de tanques en Zeus Synoptic. Autor: Orly Medina.....	42
Figura 50: Acceso al sistema vía navegador. Autor: Orly Medina. ....	43
Figura 51: Acceso al Sistema vía celular. Autor: Orly Medina. ....	43
Figura 52: Datos gráficos del comportamiento del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina. ....	44
Figura 53: Instalación de sensor LH100. Autor: Orly Medina. ....	47
Figura 54: Instalación de dispositivo de monitoreo. Autor: Orly Medina. ....	47

Figura 55: Datos históricos de la estación PETROPOLIS. Autor: Orly Medina. ....	48
Figura 56: Datos estadísticos, estación Petropolis. Autor: Orly Medina. ....	48
Figura 57: Informe obtenido desde Zeus Web. Autor: Orly Medina. ....	49
Figura 58: Notificación de alertas por SMS, General 75 y Petropolis. Autor: Orly Medina. ....	49
Figura 59: Notificación de alertas por SMS, CAT007 y Tig0050. Autor: Orly Medina. ....	50
Figura 60: Estado del motor. Autor: Orly Medina. ....	50
Figura 61: Implementación del prototipo del control del Balancín. Autor: Orly Medina. ....	51
Figura 62: Captura de pantalla descarga de driver. Autor: Orly Medina. ....	57
Figura 63: Captura de pantalla descarga de software. Autor: Orly Medina. ....	57
Figura 64: Seleccionar modelo. Autor: Orly Medina. ....	58
Figura 65: Menú configuración general. Autor: Orly Medina. ....	58
Figura 66: Seleccionar puerto de comunicación. Autor: Orly Medina. ....	58
Figura 67: Establecer conexión. Autor: Orly Medina. ....	58
Figura 68: Datos generales de la estación. Autor: Orly Medina. ....	59
Figura 69: Configuración de dirección IP. Autor: Orly Medina. ....	59
Figura 70: Configuración de números de teléfonos para alertas. Autor: Orly Medina. ....	59
Figura 71: Guardar datos en el Nemos LP. Autor: Orly Medina. ....	59
Figura 72: Configuración de entradas analógicas/digitales. Autor: Orly Medina. ....	60
Figura 73: Seleccionar entradas analógicas. Autor: Orly Medina. ....	60
Figura 74: Configurar nombre y unidad de ingeniería del sensor: autor: Orly Medina. ....	60
Figura 75: Configurar salida de tensión del sensor. Autor: Orly Medina. ....	61
Figura 76: Configurar alarma por eventos. Autor: Orly Medina. ....	61
Figura 77: Configurar acciones por alarma. Autor: Orly Medina. ....	61
Figura 78: Menú temporizador. Autor: Orly Medina. ....	62
Figura 79: Configurar temporizador por entrada analógica. Autor: Orly Medina. ....	62
Figura 80: Configurar acciones por temporizador. Autor: Orly Medina. ....	62
Figura 81: Guardar archivo. Autor: Orly Medina. ....	63
Figura 82: Configuración de estación en el servidor. Autor: Orly Medina. ....	63
Figura 83: Datos adicionales en el servidor. Autor: Orly Medina. ....	64
Figura 84: Configuración de sinópticos. Autor: Orly Medina. ....	64
Figura 85: permiso de estación por usuario. Autor: Orly Medina. ....	64
Figura 86: Captura de pantalla inicio de sesión. Autor: Orly Medina. ....	65
Figura 87: Datos generales de estación. Autor: Orly Medina. ....	65
Figura 88: Menú datos históricos. Autor: Orly Medina. ....	66
Figura 89: Comportamiento de datos almacenados. Autor: Orly Medina. ....	66
Figura 90: Vista gráfica del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina. ....	66
Figura 91: Menú sinópticos del tanque. Autor: Orly Medina. ....	67
Figura 92: Vista de sinópticos. Autor: Orly Medina. ....	67
Figura 93: Creación de informes. Autor: Orly Medina. ....	68
Figura 94: Informes del nivel en los tanques. Autor: Orly Medina. ....	68
Figura 95: Opciones de búsqueda. Autor: Orly Medina. ....	68
Figura 96: Archivo de informe. Autor: Orly Medina. ....	69
Figura 97: Gráfico del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina. ....	69
Figura 98: Archivos de datos históricos. Autor: Orly Medina. ....	69
Figura 99: Instalación del dispositivo en el tanque ANC1000. Autor: Orly Medina. ....	70
Figura 100: Instalación del dispositivo en el tanque MORRILLO15. Autor: Orly Medina. ....	70
Figura 101: Instalación del dispositivo en el tanque PETROPOILIS. Autor: Orly Medina. ....	70
Figura 102: Instalación del dispositivo en el tanque CAT007. Autor: Orly Medina. ....	71
Figura 103: Foto del balancín de Pacifpetrol. Autor: Orly Medina. ....	71
Figura 104: Tanques de almacenamientos. Autor: Orly Medina. ....	72
Figura 105: Dispositivo de monitoreo. Autor: Orly Medina. ....	72
Figura 106: Cobertura 2G CNT, Santa Elena [36]. ....	74
Figura 107: Cobertura 4G CNT, Santa Elena [36]. ....	74
Figura 108: Cobertura 2G Movistar, Santa Elena [37]. ....	75
Figura 109: Cobertura 4G Movistar, Santa Elena [37]. ....	75

Figura 110: Cobertura 2G Claro, Santa Elena [38]. .....	75
Figura 111: Cobertura 4G Claro, Santa Elena [38]. .....	76
Figura 112: Operadora más utilizada [39]. .....	77
Figura 113: Prueba de intensidad de señal. Autor: Orly Medina. ....	77
Figura 114: Diferente base de datos de Zeus. Autor: Orly Medina. ....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos técnicos del NEMOS LP usado en el proyecto.....	20
Tabla 2: Detalles del sensor de presión [24]. .....	21
Tabla 3: detalles de la antena [25]. .....	22
Tabla 4: detalles de panel solar de 10W [29]. .....	23
Tabla 5: Características del Módulo Relé 12v. ....	24
Tabla 6: Tabla de conexiones del Nemos LP [34]. ....	28
Tabla 7: Costo de hardware. Autor: Orly Medina. ....	44
Tabla 8: Costo de Software. Autor: Orly Medina. ....	45
Tabla 9: Costo de implementación. Autor: Orly Medina. ....	45
Tabla 10: costo de personal. Autor: Orly Medina. ....	45
Tabla 11: Costos varios. Autor: Orly Medina. ....	45
Tabla 12: Costo Total. Autor: Orly Medina. ....	46
Tabla 13: comparación de sistemas. Autor: Orly Medina. ....	46
Tabla 14: Ahorro en costo en logística del vehículo y balancín. Autor: Orly Medina.....	52
Tabla 15: Optimización de tiempo en obtener información. Autor: Orly Medina. ....	52
Tabla 16: Tabla de tecnología y espectro [39]. .....	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Manual Técnico.....	57
Anexo 2: Manual de usuario. ....	65
Anexo 3: Instalación de sistemas de monitoreo .....	70
Anexo 4: Unidad de Bombeo Mecánico.....	71
Anexo 5: Tanques de almacenamientos en el campo .....	72
Anexo 6: Registro de control de producción de bombeo mecánico .....	73

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto se base en un sistema de monitoreo de forma remota con tecnología GPRS, implementado en sitios donde no se dispone de la red eléctrica. Con el fin de conocer el nivel del tanque de petróleo y el estado de funcionamiento de balancín las 24 horas del día. También, se destaca la unificación de tarjetas controladoras, esta unificación permite el estudio de nuevos procesos de control. Mejorando la producción del petróleo al obtener información del pozo en el menor tiempo posible. Además, se logra un ahorro en costo de logística de la producción del petróleo.

El dispositivo esta implementado en la superficie del tanque de almacenamiento más alejados del campo Ancón, el Nemos LP adquiere los datos tomados por el sensor de presión ubicado en el interior del tanque, la información registrada es enviada al servidor ubicada en las oficinas en Ancón por medio del internet.

Para el prototipo del funcionamiento del balancín, se logró la unificación de la tarjeta controladora Arduino Uno, el dispositivo realiza el control automáticamente del encendido y apagado del motor. Notificando estos eventos del nivel bajo, nivel alto por SMS a los teléfonos celulares.

Este proyecto está compuesto por tres capítulos, donde el primero detalla la necesidad de la empresa, la importancia de un sistema de monitoreo con tecnología GPRS, los objetivos y el alcance del sistema. El segundo capítulo se detalla marco contextual y conceptual del proyecto. El tercer capítulo describe los componentes físicos y lógicos utilizados, en el desarrollo del proyecto que involucra el diseño del circuito y la programación del control del encendido y apagado del motor realizado en Arduino Uno.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La empresa Pacifpetrol S.A. ubicada en la provincia de Santa Elena en la parroquia San José de Ancón, realiza actividades tales como exploración y producción de crudo. La producción de hidrocarburo es ejecutada por los sistemas de levantamiento artificial, uno de ellos es la Unidad de Bombeo Mecánico para la extracción de petróleo.

Los pozos más alejados del campo se encuentran a 17 km de distancia en línea recta, ubicado en la Comuna del Morrillo. El tiempo de traslado en un vehículo de la empresa de Ancón a la zona norte es de 55 minutos aproximadamente.

La producción de petróleo empieza con el análisis del pozo que van hacer intervenido, así como saber el estado de las unidades de extracción de crudo. El cronograma inicia con el recorrido de la flota vehicular, el petróleo es recogido por los tanqueros y es trasladado hasta la estación de Casa Bomba ubicado en la Parroquia San José de Ancón, donde es almacenado todo el petróleo del campo.



Figura 1: Proceso de recolección de petróleo, autor: Orly Medina

Para conocer información de los pozos del campo se realiza la inspección en los tanques de petróleo para conocer el nivel del crudo, utilizando flexómetro y anotando la información en un documento llamado “Control de producción de bombeo mecánico” (anexo 6). También se verifica la unidad de bombeo si esta se encuentra operativa. Cabe indicar que este proceso se realiza de forma manual diariamente.

En la actualidad existen empresas ecuatorianas que han implementado un sistema de monitoreo y control de forma remota.

La empresa de Monteverde en Santa Elena, ha implementado un sistema de monitoreo mediante fibra óptica, donde los tanques de almacenamientos se encuentran menos de 1 km de distancia del cuarto de control [3].

En la provincia de Imbabura implementó el sistema de monitoreo con red inalámbrica, utilizando radioenlace en las estaciones del cuarto de control y los tanques de almacenamientos [2].

La finalidad de este proyecto es de implementar un prototipo de un sistema de monitoreo y control de forma remota de tal magnitud, que ayude a los ingenieros de producción en conocer en el menor tiempo posible el estado de nivel de petróleo y el estado de la unidad de bombeo, recibiendo notificaciones de forma automática del nivel mínimo y máximo de petróleo en los tanques de almacenamientos más alejados del campo.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto propuesto, es un sistema de adquisición de datos de forma remota, para conocer el nivel de petróleo en los tanques de almacenamiento y control de arranque del motor en la unidad de extracción del crudo de los pozos de petróleo.

En la medición del nivel, se utiliza un sensor de transmisión de presión hidrostática sumergible SITRANS de Siemens, por obtener una precisión de 0,3% en la medición de petróleo y protegida contra explosiones.

Un Datalogger NEMOS LP que es el encargado de registrar los datos, el NEMOS también permite la comunicación con tecnología GPRS. El equipo es alimentado por baterías, diseñado para trabajar con sistema de telemetría en lugares donde no se dispone de energía eléctrica.

Para el control de encendido y apagado de motor de la unidad de bombeo (balancín), se utiliza una tarjeta de desarrollo como lo es ARDUINO UNO, por ser un dispositivo para aprendizaje y de bajo costo.

Los Dataloggers NEMOS LP están ubicados en la parte superior de los tanques, estos adquieren cada 30 minutos una señal de corriente eléctrica que es proporcional al nivel del petróleo. Por medio del sensor de presión hidrostática, el Dataloggers realiza la conversión a volumen (Barriles de Petróleo) y envía el valor del nivel al servidor Zeus, proceso propio de los equipos NEMOS.

Por otra parte, el NEMOS recibe datos de forma permanente por medio de un sensor digital, colocado en la puerta del gabinete metálico en la parte interna como indicador de ON y OFF. El dispositivo envía mensaje de texto a los números telefónicos registrados en el equipo, cuando la puerta del gabinete se encuentra abierta o cerrada.

Para el prototipo del control de encendido y apagado del motor de la unidad de extracción del crudo, conocido en el ámbito petrolero como Balancín. Se implementó una tarjeta de desarrollo Arduino, quien recibe los datos enviados del NEMOS del nivel de petróleo que se encuentra en el tanque de crudo. Cuando el nivel llegue a una altura máxima el motor se apaga de forma automática, del mismo modo cuando el nivel de crudo llegue a la mínima altura el motor se enciende para seguir con el proceso de extracción de petróleo; también el Arduino envía datos al Dataloggers cuando el motor se encuentra encendido o apagado.

El sistema es monitorizado desde un computador o desde un teléfono móvil a través de la plataforma Zeus, ingresando al servicio con las credenciales de acceso al servidor donde se encuentra alojada la información del tanque de petróleo.

El proyecto facilitará al Departamento de Operaciones y Producción en conocer diariamente el nivel del petróleo, accediendo de forma remota a la información de los dataloggers y podrán ser visualizada en el computador o desde un dispositivo móvil con acceso a internet. Conociendo el estado del nivel del crudo que se encuentra en el tanque de almacenamiento, la carga de las baterías, puerta abierta o cerrada y el estado de la unidad de bombeo.

El sistema tendrá información actualizada reportando cada 30 minutos el nivel del tanque y el estado del motor de la unidad de bombeo, ayudando al departamento de Operaciones a conocer los niveles de los tanques en tiempo real, optimizando la

planificación del traslado de los vehículos (tanqueros) en la extracción del petróleo de los tanques de almacenamiento.

El sistema emitirá informes parciales o completos definido por el usuario y exportados a una herramienta ofimática como lo es Excel, para su análisis.

El departamento de Tecnología será el encargado de administrar los perfiles para cada usuario con sus respectivas credenciales.

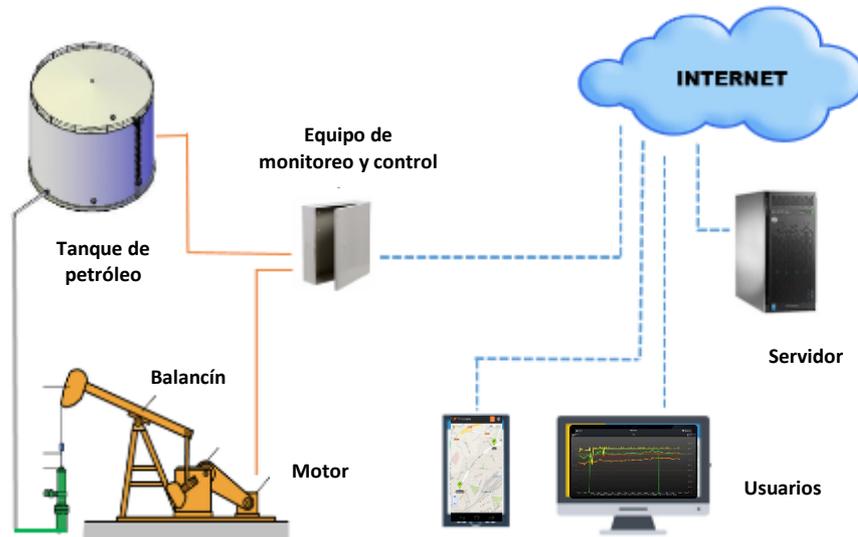


Figura 2: Esquema del sistema a implementar, autor: Orly Medina.

El esquema del sistema a implementar puede ser representado como un diagrama de bloque, en el cual se aprecia el proceso que deberá llevar el sistema para su correcto funcionamiento.

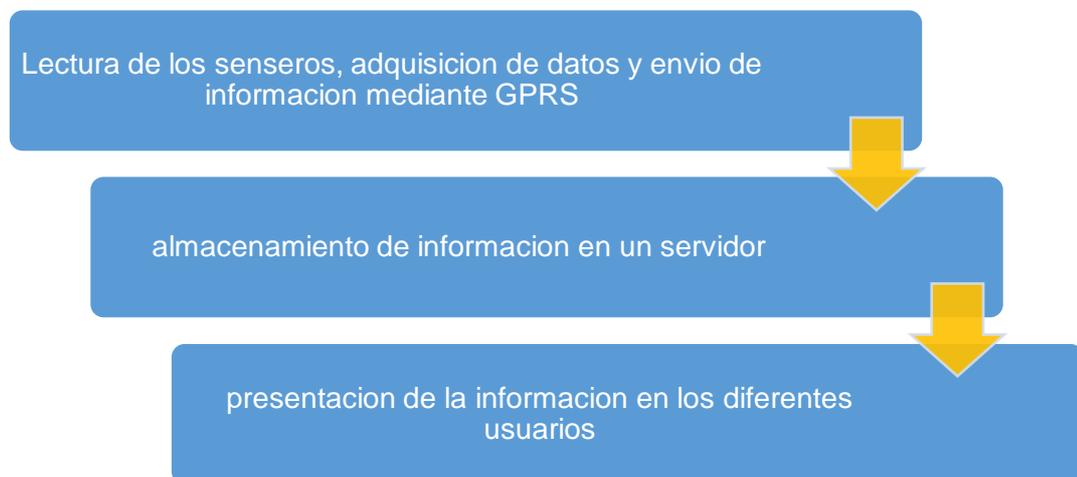


Figura 3: Diagrama de Bloque del sistema de Monitoreo, autor: Orly Medina.

### **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un sistema de monitoreo remoto de los niveles de petróleo, en los tanques de almacenamientos de crudo, empleando instrumentación de medición y transmisión de datos con una red GPRS, que permite el acceso a la información en periodo de 30 minutos.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICO**

- Registrar información automática cada 30 minutos de los dispositivos de monitoreo, almacenando los datos en un servidor instalado en las oficinas de Pacifpetrol, para visualizar los registros del nivel de petróleo en cualquier dispositivo con acceso a internet.
- Establecer comunicación con la red GSM/GPRS en los equipos de monitoreo, que permite a los usuarios reciban notificaciones mediante mensaje de texto cuando el tanque de almacenamiento llegue al nivel máximo permisible de crudo.
- Control automático del motor del balancín, comunicando la tarjeta “Arduino Uno” con la tarjeta “Nemos LP”, generando información del estado del encendido y apagado del balancín.
- Generar reportes por cortes de fechas, ingresando al sistema seleccionando los dispositivos de monitoreo, para el análisis de reducción de costos operativos en la recolección datos y el análisis en toma de decisiones en la planificación del pozo en el traslado de petróleo.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Se requiere conocer periódicamente el nivel de petróleo en los tanques de almacenamiento, para la coordinación del envío de los tanqueros. Así como también conocer el estado del balancín para la extracción del crudo de los pozos hacia a cada tanque.

Pacifpetrol no cuenta con un sistema de monitoreo de forma remota de los tanques de almacenamientos y unidad de bombeo; estos están ubicados en sitios alejados donde no hay red eléctrica. La inspección del lugar se hace en uno o dos días para conocer el estado del nivel de petróleo y la operatividad de la unidad de bombeo.

No se sabe la hora exacta cuando un balancín deja de funcionar, esta ocasiona pérdidas en barriles de petróleo. También se desconoce cuándo el crudo excede la capacidad máxima en el tanque de almacenamiento, provocando posibles incidentes ambientales, por desbordamiento de crudo. Estos eventos son reportados cuando se realiza la siguiente inspección.

Con la implementación de un sistema de monitoreo de forma remota, se tendrá información automática cada 30 minutos de la unidad de bombeo y el nivel de petróleo en los tanques dentro del campo.

La importancia de este sistema electrónico de monitoreo a distancia mediante tecnología GSM/GPRS es garantizar la comunicación inalámbrica [4], este escenario no ha explorado en todo su potencial; en la actualidad es posible adquirir información por medio de los sensores y alertar al usuario mediante mensajes de texto SMS.

Cuando el tanque llegue a su nivel máximo y mínimo de petróleo, el sistema enviará mensaje SMS del estado actual del nivel y tendrá el control de encendido y apagado del balancín, para prevenir incidente ambiental o pérdidas en barriles de petróleo.



Figura 4: Esquema de sistema de notificaciones. Autor: Orly Medina.

La comunicación de los pozos y las oficinas de Pacifpetrol, es mediante tecnología GSM/GPRS, a través del servicio de comunicación móvil (celular). Lo que no es lo mismo si utilizáramos los sistemas de radio dedicados (microondas, por ejemplo), porque requiere mayor infraestructura física.

Con la red celular no hay restricciones en cuanto a distancias, pero si, una debilidad en zona donde no existen cobertura de las operadoras seleccionadas (Claro, Movistar y CNT).

Se eligió la operadora Claro por ser líder en el mercado y ser proveedora de telefonía móvil en la empresa Pacifpetrol. Además, por tener estabilidad de cobertura en el campo Ancón, tal como se muestra en los mapas de cobertura en el anexo 7, donde las pruebas realizadas en el campo resultaron favorables, como se muestra en el anexo 8.

Por las ventajas que presenta GSM/GPRS despertó el interés para la realización del proyecto, este posee características que lo hacen único, permitiendo obtener información cada 30 minutos.

Se escogió NEMOS LP de Microcom por ser un dispositivo diseñado para trabajo en lugares donde no se dispone de la red eléctrica, también por la capacidad de conexión del sistema (digital y analógico) para conectar diferentes marcas de dispositivos en este caso Arduino.

Para el control del balancín se eligió Arduino Uno, por ser un dispersivo económico y para fines investigativo, para entender con mayor exactitud las señales analógicas y digitales. Esto permite analizar y elegir que dispositivo se requieren para nuevos procesos de autocontrol como las PLC (control lógico programable)[5] de cualquier marca, como Siemens, Logo, u otros.

El sistema proporciona 3 opciones para configurar la base de datos con la cual se va a trabajar: SQLite, MySQL y SQLServer. Se eligió SQLite por ser de código abierto, ligero, autónomo, de configuración simple y sin servidor. SQLite almacena los datos en un archivo multiplataforma, obteniendo una ventaja en tema de seguridad y migración. Siendo compatibles con las APP de los dispositivos móviles.[6].

El sistema, tendrá como principal beneficiario al departamento de Operaciones y Producción. Al poder reducir el periodo en obtener datos del nivel del crudo del tanque y el estado de operatividad (on y off) de la unidad de bombeo.

Un sistema de monitoreo de forma remota optimiza el tiempo en la obtención de datos de la producción en los pozos de petróleo.

### 1.5 ALCANCE

El sistema de monitoreo remoto se enfoca en:

El dispositivo de monitoreo remoto están situados en los tanques de almacenamientos del campo, iniciando en el tanque MORRILLO ubicado a 17.6 kilómetro de distancia y el otro en el tanque TIGRE0050 a 6.27 kilómetros; donde ninguno de ellos se dispone de energía eléctrica.

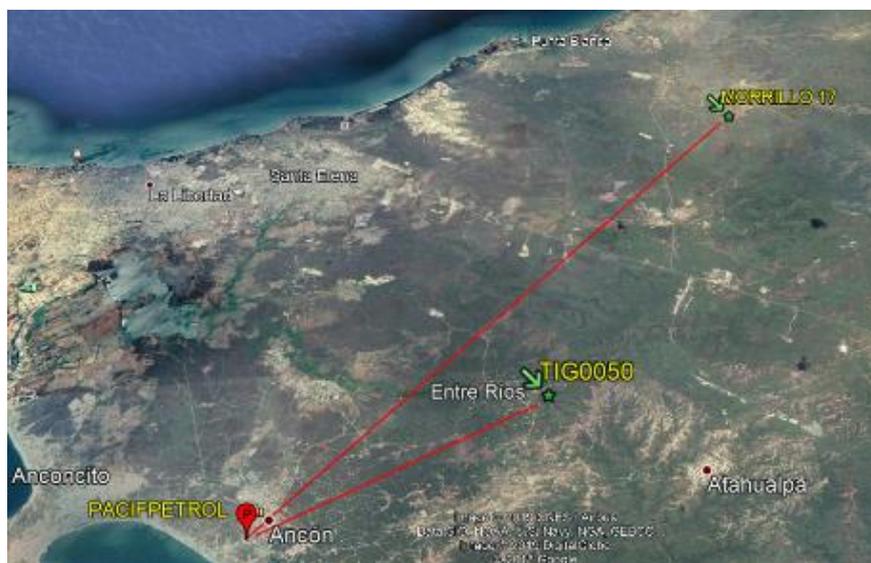


Figura 5: Distancia en línea recta de oficinas centrales hacia los tanques de almacenamientos. realizada en google earth.

El equipo contará con panel solar para suministrar energía a la batería de litio recargable, para tener siempre conectado y activo el equipo de monitoreo.

Para el prototipo de ON y OFF del motor; se implementará una tarjeta “ARDUINO UNO” que controlará el arranque del balancín, cuando el nivel de petróleo del tanque llegue a su máximo o mínimo de capacidad.

Se enviarán las notificaciones mediante mensaje de texto al teléfono celular registrado en el dispositivo NEMOS, alertando al usuario cuando el tanque de almacenamiento de crudo llegue a su nivel máximo o mínimo de petróleo.

Para la comunicación del dispositivo se utiliza tecnología GPRS (red celular). Los NEMOS o Datalogger que están ubicados en los tanques, enviarán sus registros almacenados a un servidor ubicado en las oficinas centrales de Ancón.

Se instaló un servidor, en cual almacena la información recibida de los NEMOS en una Base Datos; este servidor se encuentra en las oficinas centrales de Ancón en el departamento de tecnología; de tal forma que los usuarios puedan acceder a la plataforma ZEUS WEB para obtener información sobre el nivel de petróleo que se encuentra en el tanque de almacenamiento.

Para acceder a la plataforma de monitoreo, podrá hacerlo desde cualquier computador o un teléfono celular con acceso al internet; colocando las credenciales de acceso otorgados por el departamento de Tecnología, los usuarios que utilizaran el sistema son los ingenieros del departamento de Operaciones y Producción.

El sistema no generará reportes automáticos ni diarios, los reportes solo pueden ser generados una vez ingresado a la plataforma de ZEUS WEB.

Desde la plataforma se pueden generar reportes parciales o completos para la toma de decisiones en la recolección del petróleo.

## **1.6 METODOLOGIA**

### **1.6.1 INVESTIGACIÓN DIAGNOSTICA.**

En la actualidad existen sistemas de monitoreo de forma remota, implementados no solo en las industrias petroleras, sino también en cualquier industria que necesite de este servicio. Se realizó el estudio de sistemas similares del proyecto a

desarrollarse, obteniendo información desde sitios web, en repositorios de universidades nacionales e internacionales.

Donde se destacan empresas internacionales que solo se dedican a la implementación de sistemas de monitoreo de tanques; brindando soluciones tales como, en conocer el nivel que se encuentra el tanque de almacenamiento en el menor tiempo posible [1], notificando en tiempo real con sistema de alertas el estado del nivel mínimo y máximo de petróleo [7].

En Ecuador existen sistemas similares de monitoreo de forma remota. Utilizando fibra óptica con direccionamiento IP para comunicar los dispositivos de monitores [3], también se han implementado radioenlaces para tener conexión y poder llegar a los tanques de almacenamientos más alejados [2]. En ambos casos se utiliza el protocolo TCP/IP como medio de comunicación. El usuario, solo puede acceder a la información generada del tanque de almacenamiento desde un cuarto de control asignado, la información solo puede ser vista dentro de la misma red local.

### **1.6.2 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA.**

Con los estudios realizados de proyectos similares, se analizaron las soluciones planteadas para el monitoreo de forma remota en los tanques de almacenamientos. Como primera fase, se realizó el recorrido desde las oficinas centrales en Ancón hasta los pozos más alejados del campo, para esto se escogieron 3 pozos específicos, el ANC1925 a 8.2 km, Morrillo a 17.6 km y Petropolis a 17.3 km. Calculando el tiempo que dura el recorrido en los 3 puntos, más el tiempo que dura en realizar la medición de nivel en el tanque de almacenamiento e inspección del funcionamiento de la unidad de bombeo.



Figura 6: Distancia de los pozos. Imagen realizada en Google Earth.

Como segunda fase, la implementación del sistema de monitoreo de forma remota. Para esto se utilizó la red celular con tecnología GPRS, que me permite llegar a cualquier punto donde se disponga de cobertura. El dispositivo está alimentado con baterías de litio y conectadas con paneles solares; para que el equipo pueda ser utilizado en cualquier parte del campo Ancón donde no se dispone de red eléctrica. El sistema está enfocado en reducir el tiempo en conocer el estado del nivel de petróleo y el estado de operatividad de la unidad de bombeo.

Como técnica de recolección de información para esta propuesta se utilizó la Observación, que permitió examinar las novedades que puedan presentarse en el recorrido de los pozos en el campo; con esta técnica se tomó notas sobre posibles dificultades del medio de comunicación de los dispositivos, además ayuda a conocer con mayor detalle el proceso de extracción de petróleo hacia los tanques de almacenamiento de crudo.

Con la observación, se medirá el tiempo en conocer el estado de un tanque de almacenamiento más distante del campo, midiendo el tiempo con respecto a la distancia en la escala de proporción o razón[8]. También se conoce, el medio de comunicación que utilizan para reportar un evento en la inspección del tanque.

Calificando el tiempo de respuesta en conocer información del tanque en: bajo, medio y alto; donde bajo no supera los 30 minutos, medio no superan los 40 minutos y alto superan los 40 minutos de recorrido en el vehículo hacia los tanques.

También, la observación se repetirá para verificar y comparar los resultados obtenidos con la implementación del sistema de monitoreo.

Además de la observación, se recopila información a través de una entrevista al ingeniero de producción del departamento de Producción y Operaciones, los cuales colaboraron con la información para el desarrollo de este proyecto.

Este sistema permitirá en conocer periódicamente el nivel de petróleo que se encuentra en los tanques de almacenamiento de crudo más alejados campo, orientada dentro de un proyecto factible.

### **1.7 RESULTADOS ESPERADOS**

- Conocer el nivel de petróleo en los tanques de almacenamiento del campo, cada 30 minutos.
- Conocer el estado (ON - OFF) del balancín, con la integración de una tarjeta electrónica Arduino Uno.
- Reducir los costos operativos de logística, en la recolección de datos del estado del tanque.
- Notificar a los usuarios mediante mensaje de texto el nivel de petróleo, cuando el almacenamiento llegue a su nivel máximo o mínimo del crudo.
- Emitir reportes por cortes de fechas y estadísticos del estado de los niveles de petróleo en los tanques de almacenamientos.
- visualización de gráficos del nivel de petróleo en los tanques de almacenamientos para la toma de decisiones.

## **CAPÍTULO II**

### **PROPUESTA**

#### **2.1 MARCO CONTEXTUAL**

##### **2.1.1 Generalidades de Pacifpetrol S.A.**

La Asociación Pacifpetrol S.A. Andipetróleos SEOG Oil & Gas Sociedad Anónima es un grupo de compañías de hidrocarburos que operan desde el 2001 el Bloque Gustavo Galindo Velasco situado en la provincia de Santa Elena en la parroquia San José de Ancón [9], la empresa realiza actividades que comprenden a la exploración y producción de crudo, así como su objetivo principal es de producir hidrocarburos garantizando la rentabilidad del negocio [9].

El departamento de Operaciones y Producción es la principal área y se destaca en la exploración, explotación, separación, almacenamiento, transporte y entrega de crudo, dirigidas por los ingenieros de producción que son los encargados de analizar la información de los pozos para la planificación de la producción diaria de petróleo [10]. El campo Gustavo Galindo Velasco está dividido en zonas Norte, Central y Sur.

##### **2.1.2 Generalidades de sistema monitoreo de forma remota**

En el territorio ecuatoriano hay varias empresas con sistemas de monitoreo de tanques [3], utilizando fibra óptica o red inalámbrica para comunicarse con los dispositivos finales. También hay empresa que tuvieron la iniciativa de un sistema de monitoreo de forma remota con tecnología GPRS [2].

Existen empresas en Latinoamérica que brindan servicios de sistema de monitoreo en tanques de almacenamientos.

Como ejemplo, la empresa Telemetic de México, especializada en electrónica, telecomunicaciones y tecnología de la información, se dedica a la implementación de sistemas de monitoreo de forma remota para cualquier tipo industria, incluida las petroleras. Telemetic utiliza como medio de comunicación enlace satelitales, radioenlace, red celular GPRS, red inalámbrica, microondas [1].

Otro caso es el de la empresa AlerTank Systems S.A.C. (peruana), cuyo ámbito de acción es la ingeniería, especializada en adquisición de datos, telemetría e instrumentación. La tecnología que utiliza AlerTank permite monitorear de forma remota los niveles de tanque de almacenamiento, alertando al usuario los diferentes estados del nivel en que se encuentra en el tanque; utilizando como medio de comunicación el internet (modem celular) y visualizando los estados del tanque en cualquier dispositivo (PC, celular, table)[7].

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 SISTEMA ARTIFICIAL POR BOMBEO MECÁNICO

Bombeo Mecánico, el cual es un procedimiento de succión y transferencia casi continua de petróleo del pozo, hasta la superficie donde es almacenada en un tanque de crudo [11].

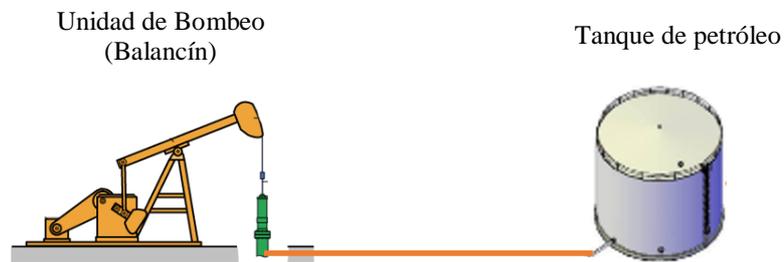


Figura 7: Esquema de bombeo mecánico. Autor: Orly Medina.

### 2.2.2 SISTEMAS DE TELEMETRÍA

Los sistemas de telemetría permiten la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema, envío que se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica. En este caso GSM/GPRS. [12].



Figura 8: Sistema de telemetría por medio de la red celular. Autor: Orly Medina.

### **2.2.3 REDES MOVILES CELULARES**

Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, inventor del teléfono móvil y la primera persona en hacer una llamada telefónica utilizando este dispositivo [13].

#### **2.2.3.1 Generaciones de la telefonía móvil celular.**

**Primera generación (1G):** la telefonía móvil hizo su aparición en 1979 y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. **Segunda generación (2G):** hace su aparición en 1990 y a diferencia de la primera, se caracterizó por ser digital. Las tecnologías predominantes son: GSM, CDMA y PDC. **Segunda generación (2.5G):** esta tecnología es más rápida, y más económica. Ofrece características extendidas y cuenta con más capacidad de los sistemas 2G, como: GPRS, HSCSD, EDGE, entre otro. **Tercera generación (3G):** empezó a operar en el 2001. Se caracteriza por contener la convergencia de voz y datos, con acceso inalámbrico a internet y alta transmisión de datos.

#### **2.2.3.2 Tecnología GSM (GLOBAL SYSTEM MOBILE).**

La tecnología GSM es un sistema que está en constante evolución, con capacidad de roaming internacional que ofrece a los consumidores tener el mismo número telefónico en más 159 países. GSM usa tecnología digital y su método permite la transmisión de una gran cantidad de datos a buena velocidad.

#### **2.2.3.3 Tecnología GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE).**

GPRS es una tecnología que comparte el rango de frecuencia de la red, utilizando una transmisión de datos por medio de paquetes. Permite compartir cada canal por usuarios, mejorando la eficiencia en la utilización de los recursos de red [14].

### **2.2.4 MONITOREO REMOTO**

El monitoreo remoto, permite la visualización de los datos desde cualquier lugar, donde las condiciones ambientales son severas o peligrosas, donde una persona o equipo debe monitorear los resultados de varios lugares o fuentes.

El monitoreo remoto puede ser combinado con el monitoreo celular o inalámbrico, para alertar cuando las condiciones locales requieren revisión o acción. Este tipo de monitoreo incluye la capacidad diagnóstico remoto. Permite identificar problemas y toma de decisiones para corregirlos remotamente [15].

#### 2.2.4.1 Ventajas del monitoreo remoto.

- Accesible desde cualquier lugar con acceso a internet.
- Monitoreo seguro en ambientes peligrosos.
- Alerta para condiciones fuera del rango de medición.

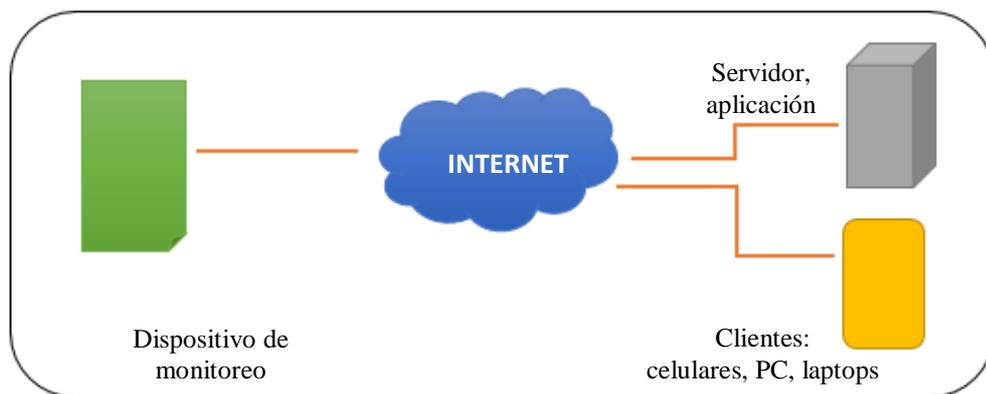


Figura 9: Esquema de monitoreo remoto. Autor: Orly Medina.

#### 2.2.5 PANEL FOTOVOLTAICOS

Los paneles solares fotovoltaicos, contienen un conjunto de células solares que convierte la luz en electricidad. Las células solares tienen el efecto fotovoltaico para absorber energía del sol y hacer que la corriente eléctrica fluya entre dos capas en dirección opuesta. Las células solares son compuestas por silicio cristalino y arseniuro de galio. Los paneles fotovoltaicos generan electricidad en forma de corriente continua [16].



Figura 10: Panel solar [16].

### **2.3 MARCO TEORICO**

En el año 2013, la Universidad Técnica del Norte, en Ibarra, Paspuezán Granja Cintya Valeria, realizo su trabajo de grado con el tema de un sistema de monitoreo de nivel de agua a través de una red inalámbrica, compuesto por una interfaz gráfica en computador, un dispositivo remoto de adquisición de datos, y un sistema de comunicación basado en el estándar IEEE802.11a, dando como resultado la toma de decisiones oportunas en el aumento y disminución del agua. Al inicio de este proyecto contemplaron la comunicación mediante transmisión de datos vía GPRS y por su costo de implementación, operación y mantenimiento obligaron a que se suspenda este funcionamiento. Brindando así una alternativa más económica y confiable con respecto al sistema anterior [2].

En el año 2015, en la universidad Escuela Superior Politécnica del Litoral sede en Guayaquil, Viviana María Vacas Márquez, presentó su tesis titulada Diseño de un tablero de refrigeración de gas propano y butano en una planta de almacenamiento de gas licuado de petróleo. El proyecto enfocado en el diseño de un sistema de automatización para los tanques de almacenamientos, con un PLC como controlador y un KTP como dispositivo visual de las variables físicas dentro de los tanques; dando como resultado que el diseño del sistema de automatización de los tanques de almacenamientos sean optimo y fiable [3].

En el año 2015, se publicó en Dialnet el artículo Sistema de Instrumentación y Control para Tanques de Almacenamiento de Agua Potable, tiene como objetivo un sistema scada diseñado en la plataforma Labview. Su funcionamiento se realiza con sensores calibrados para medición de nivel del agua. El desarrollo de este proyecto cubre una necesidad de una planta de tratamiento de agua, lo cual requiere una supervisión total de sus tanques [17].

En el año 2017, se publicó en Editores S.R.L el articulo Prevención de sobrellenado más internet de las cosas, resaltando que el sobrellenado de un tanque puede resultar en pérdidas en vida y miles de millones de dolores en daños a instalaciones petroleras y al medio ambiente. Que alrededor del mundo las instituciones han implementado nuevas tecnologías en las últimas décadas. La nueva tecnología del

internet de las cosas permite mejorar en gran medida la prevención de sobrellenado, mejorando la eficiencia y precisión de los procesos industriales. Los tanques pueden, ahora, ser monitoreado de forma remota [18].

La empresa mexicana Telemetic, especializada en suministro, diseño e implementación de proyectos de ingeniería, gestionan proyectos de adquisición, transmisión, control, registro y visualización de datos. Ofreciendo proyectos tecnológicos de manera segura y confiable, integrando soluciones acordes a las exigencias [19].

La empresa peruana AlerTank Systems S.A.C., especializada en adquisición de datos, telemetría e instrumentación, enfocado en sistema de monitoreo remoto para tanque de combustible. Garantizando productos confiables mejorando las necesidades de los negocios de los clientes [7].

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO

#### 3.1 COMPONENTES FISICOS Y LOGICOS

##### 3.1.1 NEMOS LP

Datalogger GPRS autónomo, es un registrador de datos con comunicación GSM/GPRS, procedencia de España, diseñado para trabajar en lugares donde no se dispone de alimentación de la red eléctrica [20].



Figura 11: Registrador de datos medio de comunicación NEMOS LP [21].

Datos técnicos del equipo.

GENERALES	DESCRIPCION
<b>Alimentación</b>	4 a 5v. 4 células alcalinas tamaño D o 2 de litio
<b>Consumo durmiente</b>	30 uA
<b>Procesador</b>	ARM7
<b>Memoria de Programa</b>	Flas de 256 kb
<b>Memoria de datos</b>	64 kb
<b>GSM</b>	Siemens Mc55
<b>Profundidad de históricos</b>	>40000 registro
<b>Entradas digitales</b>	8
<b>Entradas analógicas</b>	4
<b>Salida de tensión</b>	4
<b>Intensidad máxima</b>	40 mA
<b>usb</b>	1

Tabla 1: Datos técnicos del NEMOS LP usado en el proyecto.

### 3.1.2 SITRANS LH100

El transmisor de presión SITRANS LH100 convierte la presión hidrostática proporcional al nivel en una señal estándar de 4 a 20 mA. El sensor es estrecho y se puede montar en tubería hasta de 1" de diámetro [22].



Figura 12: Sensor Siemens SISTRANS LH100 [23].

Detalles del sensor.

GENERALES	DESCRIPCION
<b>Exactitud</b>	0,3%
<b>Estabilidad a largo plazo</b>	0,25% / 12 meses
<b>Rango de medición</b>	0 -3 mH2O a 0 - 20 mH2O
<b>Alojamiento</b>	Carcasa de acero inoxidable 316L, clasificación IP68
<b>Cable</b>	Revestimiento de PE; 6mm con tubo de ventilación
<b>Longitud del cable</b>	Estándar de 10, 20 o 30 m,
<b>Certificado / aprobación</b>	Versión protegida contra explosiones según IEC Ex y ATEX

Tabla 2: Detalles del sensor de presión [24].

### 3.1.3 ANTENNAE MACNETIS GSM4

Antena magnética para frecuencias 800/900/1800/1900 Mhz.



Figura 13: antena para la transmisión de señal [25].

GENERALES	DESCRIPCIÓN
<b>Tipo</b>	Antena magnética 9 cm
<b>Frecuencia</b>	800/900/1800/1900 Mhz

<b>Conector</b>	SMA M
<b>Ganancia</b>	0 dBi
<b>Dimensión</b>	90 mm h

Tabla 3: detalles de la antena [25].

### 3.1.4 TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO UNO

Arduino Uno, es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital, de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para alimentarla [26].

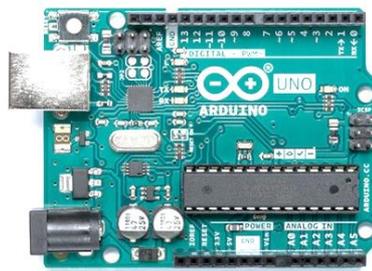


Figura 14: Figura. Tarjeta de desarrollo Arduino Uno [26].

### 3.1.5 SENSOR MAGNÉTICO

El sensor para puertas y ventanas funcionan como un switch abierto. Cuando la puerta o ventana se abre, el circuito electrónico también se cierra y es posible detectar la puerta de la misma manera. El sensor esta sellado por plástico y es extremadamente resistente [27].

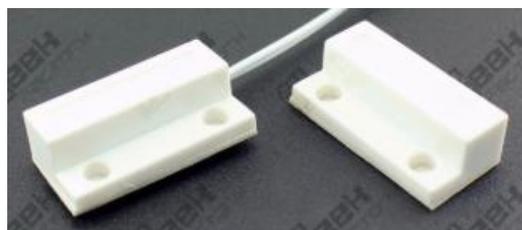


Figura 15: Sensor magnético [27].

### 3.1.6 SENSOR SHARP GP2 Y0A21YK0F

Su principal funcionamiento es medir la distancia en un rango 10 a 80 cm. En este proyecto, el sensor se utiliza para el prototipo del control de motor, para simular la detección de petróleo [28].



Figura 16: sensor de distancia para prototipo de control del balancín.

### 3.1.7 PANEL SOLAR POLICRISTALINO

Panel solar de 10w-12v para pequeños consumos energético, perfecto para el mantenimiento de baterías en reposo, para evitar la auto-descarga cuando las baterías no están en funcionamiento.



Figura 17: Panel solar de 10w-12v.

GENERALES	DESCRIPCIÓN
<b>Potencia (W en prueba <math>\pm</math> 10)</b>	10 W
<b>Corriente máxima potencia (Imp)</b>	0,61 A
<b>Tensión máxima potencia (Vmp)</b>	16,3 v
<b>Corriente en cortocircuito</b>	0,68 A
<b>Tensión de circuito abierto</b>	20,7 v
<b>Máxima tensión del sistema</b>	600 v

Tabla 4: detalles de panel solar de 10W [29].

### 3.1.8 MODULO LM2596 5V/12V/24V 3A (regulador de voltaje).

Este circuito permite tener un voltaje regulado con una entrada de alimentación de 12v a 5v, 3.3v, 2.2v [30]. Es un circuito integrado y dispone de voltaje de salida ajustable.



Figura 18: Modulo regulador de voltaje.

### 3.1.9 MODULO RELE DE 12V DE 1 CANAL

Controla señal normalmente abierta NA y normalmente cerrada NC.



Figura 19: Modulo rele 12v.

CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
<b>voltaje</b>	12 V
<b>Corriente estática</b>	5,5 mA
<b>Corriente de trabajo</b>	42 mA
<b>Voltaje de disparo</b>	0-4 v
<b>Corriente de disparo</b>	3 mA

Tabla 5: Características del Módulo Relé 12v.

### 3.1.10 PLATAFORMA ZEUS 5

Es una plataforma informática desarrollada por Microcom. Zeus 5, es un software que gestiona los registros efectuados por los dispositivos Microcom. Visualización en tiempo real las entradas analógicas/digitales y activación/desactivación de las salidas digitales [31].

La plataforma incluye las siguientes herramientas.

**Zeus server.** Se encarga de gestionar los usuarios y sus privilegios de acceso, también comparte datos de una manera centralizada. Es el encargado de las comunicaciones con los dispositivos Microcom, además almacena los registros, gestiona los usuarios y las estaciones [31].

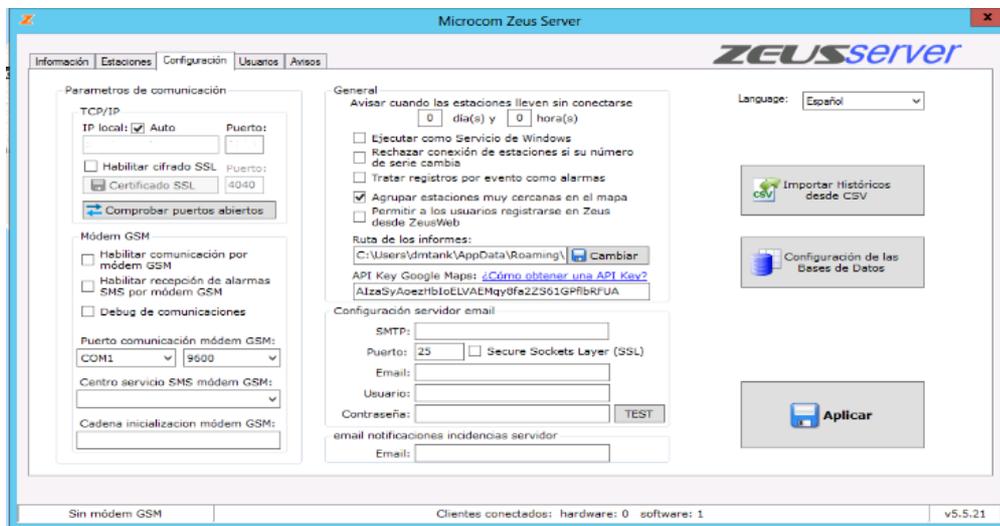


Figura 20: Programa de gestión Zeus Server.

**Zeus web y Zeus mobile.** La aplicación cliente, permite a los usuarios a conectarse al servidor de una forma sencilla desde un simple navegador web, o un teléfono móvil. Esto permite acceder a la información registrada en los equipos, para descargar y visualizar datos [32].



Figura 21: Plataforma Zeus web. Captura de pantalla.



Figura 22: Zeus Mobile. Captura de pantalla.

**Zeus Synoptic Builder.** Editor de sinópticos para Zeus para representar las estaciones [33], la aplicación toma lectura de las entradas/salidas en tiempo real, con visualización del proceso y alertas [32].



Figura 23: Software de desarrollo de sinópticos. Captura de pantalla.

### 3.1.11 MICROCONF

Desarrollado para usuario administradores, no para usuario finales. Software de configuración universal para la programación de equipos Hermes y Nemos [33].



Figura 24: Ventana de configuración del Nemos LP. Captura de pantalla.

## 3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA

### 3.2.1 DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA DEL CONTROL DEL BALANCIN

El esquema del sistema de monitoreo remoto como se muestra en la figura 1, se encuentran los componentes, tales como: sensores, tarjeta controladora, Datalogger, módulos de voltaje, entre otros. Algunos componentes se localizan en establecimientos electrónicos del país y algunos son exportados desde Europa.

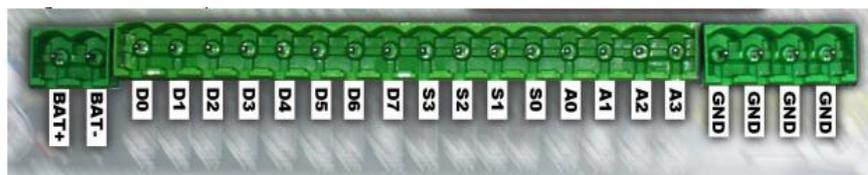
Existen empresas internacionales que ofrecen sistemas de monitoreo remoto, pero su costo de adquisición, implementación y mantenimiento dan altos valores económicos, debido a que ellos mantienen el control del sistema.

Conociendo el problema de la adquisición de un sistema, se diseña la estructura de monitoreo y control de arranque automático del balancín. Se realiza el circuito

eléctrico donde se instalan los componentes electrónicos y elementos varios para su funcionamiento.

### 3.2.2 ESTRUCTURA ELECTRICA DEL NEMOS LP

El Nemos LP cuenta con 8 entradas digitales, 4 entradas analógica configurables para 0-5 v, 0-10 v o 4/20mA, y 4 salida de tensión de 12 o 24 v. Sistema alimentado por pilas de litios de 7,2 v / 28Ah, otorgándole una autonomía de 2 a 5 años. Es fundamental en la instalación del equipo se habilite el modo de bajo consumo, mediante el comando ENPOF, de lo contrario la batería se agotarán rápidamente [34].



SEÑAL	DESCRIPCION	NOTAS
BAT+	Positivo alimentación	5 a 15v
BAT-	Negativo alimentación	0V
D0	Entrada digital 0	Activación por GND
D1	Entrada digital 1	Activación por GND
D2	Entrada digital 2	Activación por GND
D3	Entrada digital 3	Activación por GND
D4	Entrada digital 4	Activación por GND
D5	Entrada digital 5	Activación por GND
D6	Entrada digital 6	Activación por GND
D7	Entrada digital 7	Activación por GND
S3	Salida de tensión 3	12 o 24v, max. 40mA
S2	Salida de tensión 2	12 o 24v, max. 40mA
S1	Salida de tensión 1	12 o 24v, max. 40mA
S0	Salida de tensión 0	12 o 24v, max. 40mA
A0	Entrada analógica 0	0-5v, 0-10v o 4/20mA
A1	Entrada analógica 1	0-5v, 0-10v o 4/20mA
A2	Entrada analógica 2	0-5v, 0-10v o 4/20mA
A3	Entrada analógica 3	0-5v, 0-10v o 4/20mA
GND	Referencia negativo para entradas analógicas y digitales.	

Tabla 6: Tabla de conexiones del Nemos LP [34].

#### 3.2.2.1 Conexión entrada digital.

El Nemos LP cuenta con 8 entradas digitales, se activan cerrando el circuito en las bordas GND. Las entradas se pueden emplear con señales de alarmas, contadores, totalizadores de pulsos [34].

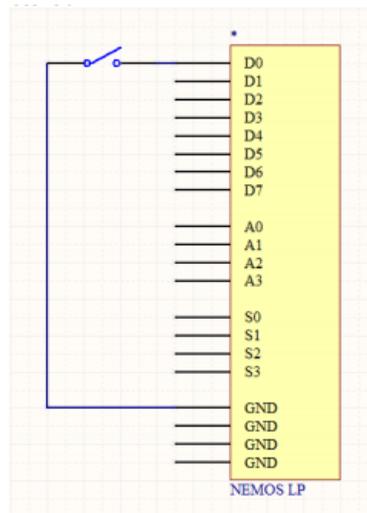
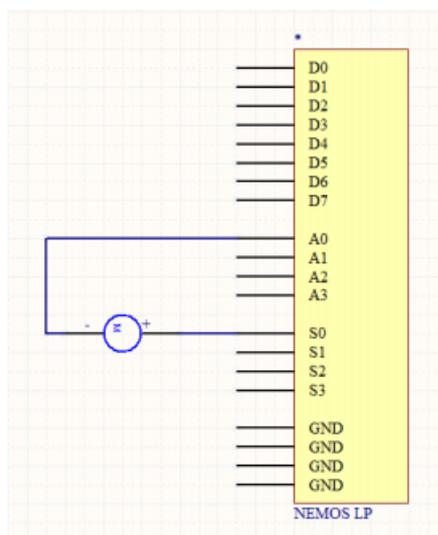


Figura 25: Conexión de contacto libre de potencia [34].

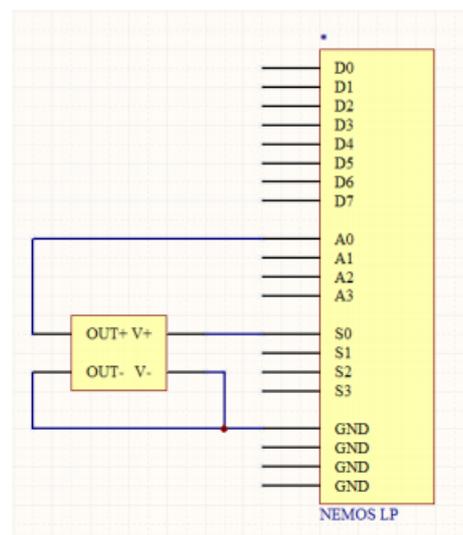
### 3.2.2.2 Conexión entrada analógica.

El Nemos LP cuenta con 4 entradas analógicas. También dispone 4 salidas de tensión que proporciona 12 o 24v configurables para alimentar las sondas.

El propio Nemos gestiona la alimentación de las sondas analógicas. Cuando se realiza una medida, el Nemos las alimenta por una de sus salidas de tensiones, toma la medida y apaga la sonda activada; el tiempo de alimentación de las sondas es configurable para acomodarse a los distintos tiempos de estabilización que presenta las diferentes sondas [34].



Conexión de sonda de 2 hilos.



Conexión de sonda de 4 hilos.  
V+ y V-: Bornas de alimentación de la sonda,  
OUT+ y OUT-: Salida de señal.

Figura 26: Cableado de sondas de 2 hilos y 4 hilos [34].

### 3.2.2.3 Esquema del circuito del Nemos LP.

El circuito en el Nemos LP, se puede distinguir la conexión con el sensor de presión para calcular el nivel de petróleo y el sensor digital para la alerta de puerta ON/OFF.

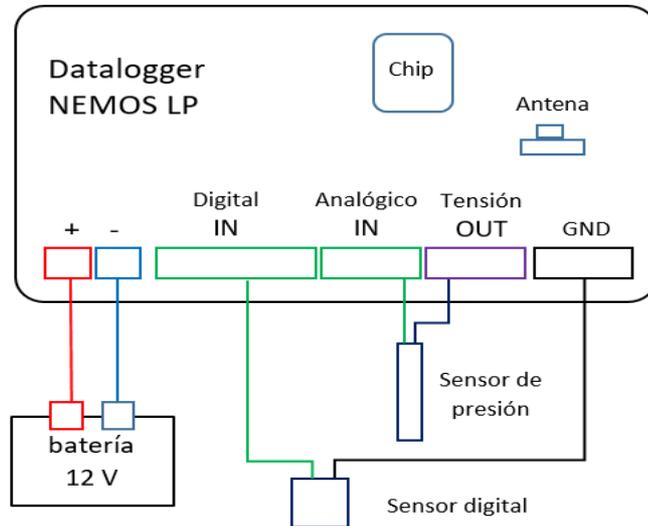


Figura 27: Circuito eléctrico del Nemos LP. Autor: Orly Medina.

### 3.2.3 ESTRUCTURA ELECTRICA ARDUINO UNO

Arduino Uno, dispone de entradas y salidas para comunicarse con el exterior. Estas E/S pueden clasificarse en 3 tipos: E/S analógicas, E/S digitales y E/S para la comunicaron serie. Existen pines de alimentación con suministro de tensiones para comunicarse con placa externa [35].



Figura 28: esquema de pines en Arduino Uno [35].

Arduino es una plataforma que funciona con (5 o 3.3) voltios, entrega 40 mA en la salida de cada pin. Arduino realiza todo tipo de control, pero no es capaz de controlar dispositivo por sí mismo.

### 3.2.3.1 Entrada / salida (E/S) digital.

Los pines digitales trabajan con estado HIGH (alto) y LOW (bajo), tomando el estado HIGH con valores de 5v o 3.3v y el estado LOW con valor de (0)v [35].

### 3.2.3.2 Entrada / salida (E/S) analógica.

Los pines analógicos pueden trabajar con un rango de voltaje de (0-5v) o (0-3.3v). Las salidas analógicas trabajan con registros de 8bits, tomando valores comprendido entre 0 y 255, que corresponde el 0 como un nivel (0) voltaje y 255 como un nivel de (5v o 3.3v) voltios [35].

### 3.2.3.3 Esquema del circuito ARDUINO UNO.

El circuito del Arduino Uno, muestra la conexión de un sensor digital para simular el fluido de petróleo en la línea de producción, desde el balancín hasta el tanque de almacenamiento.

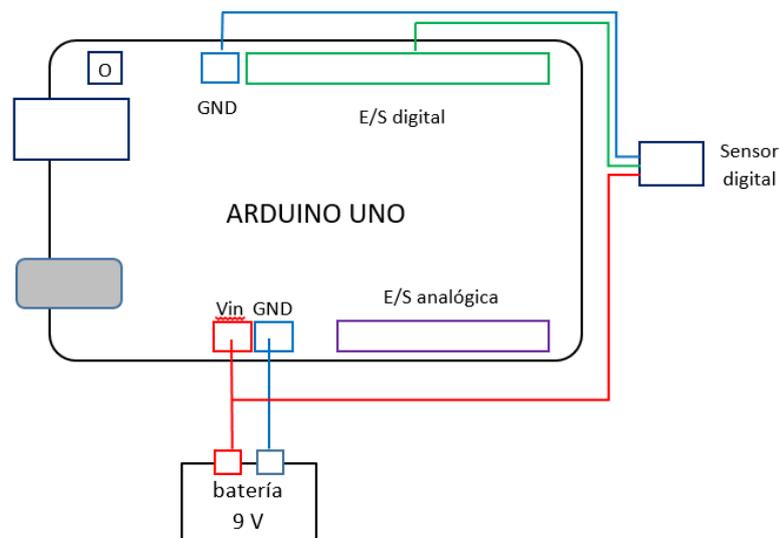


Figura 29: Esquema eléctrico de Arduino Uno. Autor: Orly Medina.

### 3.2.4 ESTRUCTURA ELECTRICA MODULO LM2596

En este proyecto se utiliza el circuito regulador de voltaje que es el encargado de recibir la señal de 12v enviada desde el Nemos LP. En el módulo se ajusta el voltaje de salida, disminuyendo el voltaje y enviada al Arduino UNO como señal analógica.

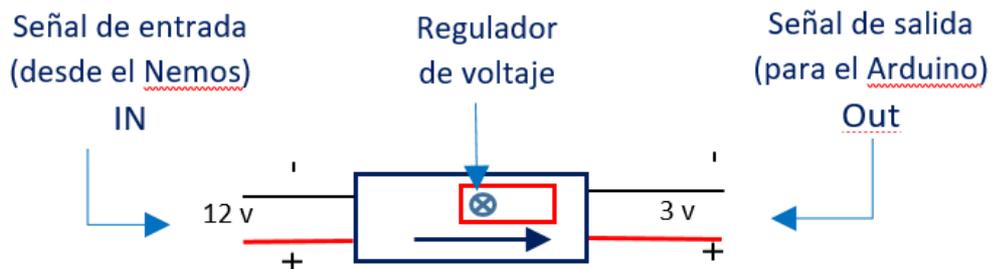


Figura 30: Circuito del regulador de voltaje. Autor: Orly Medina.

### 3.2.5 ESTRUCTURA ELECTRICA MODULO RELE

Para controlar el estado del motor de OFF/ON y el estado de la línea de petróleo al detectar fluido, se utiliza el Relé. El Relé recibe una señal digital programable desde el Arduino y envía una señal digital al Nemos.

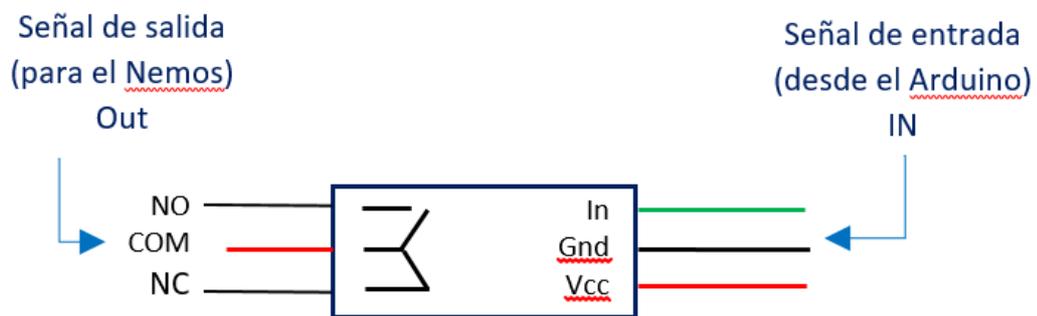


Figura 31: Circuito de Relé de 12v. Autor: Orly Medina.

### 3.2.6 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL Y MONITOREO

A continuación, se detalla el diseño de comunicación entre las tarjetas controladoras Nemos LP y Arduino Uno, donde se describe los componentes eléctricos y electrónicos para su funcionamiento.

En la figura se muestra el circuito unificando de las tarjetas para realizar el control automático del balancín. Donde el Arduino es el encargado de encender el motor del balancín, cuando el nivel de petróleo se encuentre menos de 2 barriles de crudo. El Arduino detiene el motor de la unidad de bombeo, cuando el tanque de almacenamiento llegue a un nivel permisible de crudo a 70 barriles de petróleo.

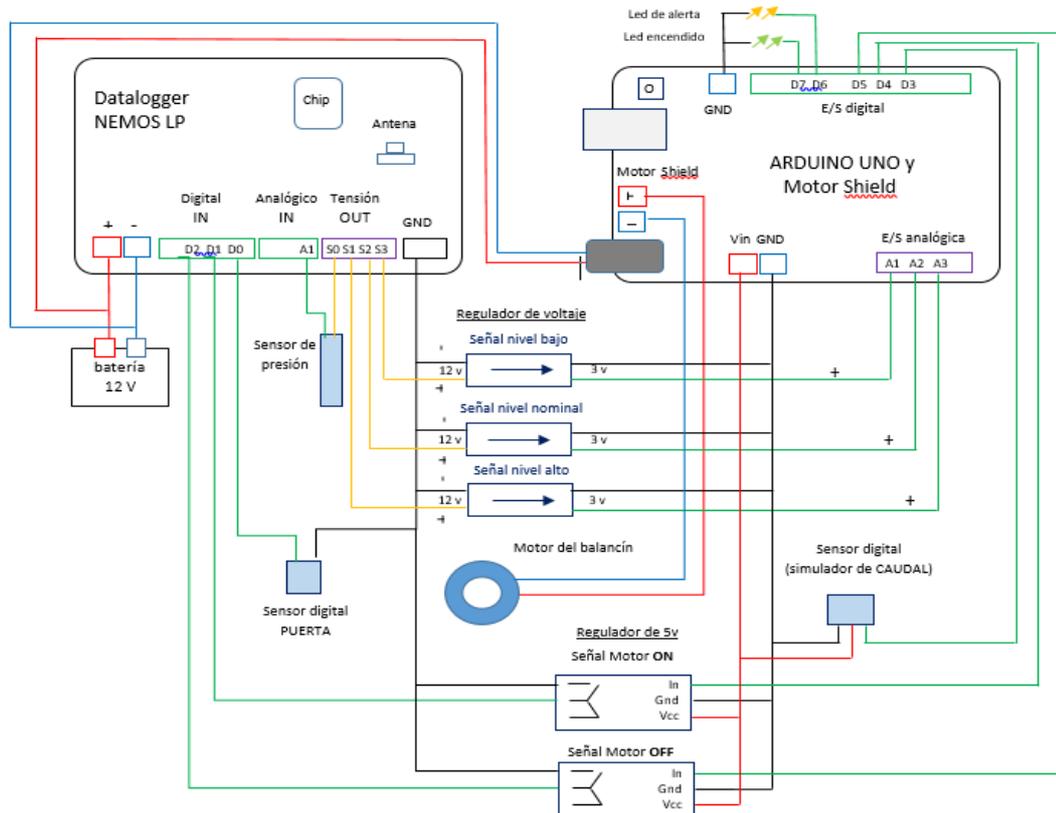


Figura 32: Circuito de ON y OFF del motor del balancín.

### 3.3 IMPLEMENTACION

#### 3.3.1 Configuración del Servidor de Monitoreo en oficinas de Pacifpetrol

Se configura una PC con Windows Server 2012, este equipo cuenta con una dirección IP fija. Se solicita una IP publica al departamento de tecnología de Quito (son los encargados de gestionar la internet de la organización), con las siguientes peticiones.

- Que la IP fija de la PC tenga salida a la IP pública.
- Habilitar los puertos que utiliza la plataforma Zeus

Cumpliendo con las seguridades en la red para evitar ataques externos, se instala y se configura Zeus Server. Que es el encargado de gestionar usuarios, estaciones y almacenamiento de información. En el anexo # 1: Manuel Técnico, se detalla la configuración del Zeus Server.

#### 3.3.2 Configuración del Nemos LP

La configuración del dispositivo Nemos se lo realiza con el software MicroConf. En el menú general se debe ingresar los siguientes campos:

- Ingresar el nombre del ID (nombre de la estación).
- Ingresar las coordenadas geográficas donde se va a instalar físicamente el dispositivo.
- Para la comunicación con el servidor, seleccionar la operadora (Claro), e ingresar el número telefónico.

The screenshot shows the MicroConf configuration interface for a station named "ESTACION PETROPOLIS". The interface is divided into several sections:

- Menú:** Includes "Abrir" (Open) and "Guardar" (Save) icons.
- Nombre del equipo:** A text field containing "ESTACION PETROPOLIS".
- Coordenadas geográficas:** Fields for "Latitud:" (-2.205856) and "Longitud:" (-80.953342).
- Operador telefonía:** Includes "País y operador:" (Ecuador, Claro), "Número propio:" (+593997026515), "Centro servicio SMS:" (+59397995040), "APN Server:" (internet.claro.com.ec), "APN User Name:", and "APN Password:".
- Conexión por GPRS:** Includes checkboxes for "Habilitar comunicación GPRS" (checked), "Mantener la conexión permanentemente", and "TLS". It also has fields for "Dirección Zeus:" (200.031.024.174) and "Puerto:" (8080). Buttons for "Alta en Zeus" and "Cargar datos Zeus Web" are present.
- Conexión por FTP:** Includes fields for "IP servidor ftp:" (000.000.000.000), "Usuario:", "Contraseña:", and "Ruta:".

Figura 33: Configuración de estación. Autor Orly Medina.

En el menú Entradas Analógicas considerar los siguientes campos:

- Seleccionar la forma de alimentación del sensor
- Identificar el nombre da la entrada analógica
- Ingresar el volumen equivalente en unidad de ingeniería de 20 mA, para calcular el volumen se debe conocer la altura en relación a 20 mA.
- Calcular el volumen del tanque, se emplea la fórmula del cilindro.

$$V=(3.1416 * r^2 * h) \text{ pies}$$

- Valor constante del tanque

$$V_{const} = (\text{volumen del tanque} / \text{altura del tanque})$$

- Calcular la cantidad de barril tomada por flexómetro

$$\text{Medida tomada en el tanque} = (\text{medida flexómetro} * V_{const}) \text{ pies}$$

- Presión máxima del tanque

$$SG = 0.84 \text{ (valor constante de petróleo)}$$

$$GA = 0.433 \text{ (Gradiente de Agua)}$$

$$H = \text{altura del tanque}$$

$$Psi = \text{presión hidrostática}$$

$$Psi = (SG * GA * H)$$

- Altura con respecto al amperaje del sensor

$$\text{Presión Máxima Sensor} = 5.68 \text{ psi}$$

$$H_s = Psi / (SG * GA)$$

- Calcular el volumen en relación del amperaje del sensor (equivalencia en unidad de ingeniería).

$$\text{volumen en relación a 20 mA} = (3.1416 * r^2 * H_s)$$



Figura 34: Configuración de entradas analógicas. Autor: Orly Medina.

En el menú temporizador, se ingresa el periodo en segundos que el dispositivo debe de reporta al servidor, en este caso el Nemos reporta en 1800 segundos, equivalente a 30 minutos.

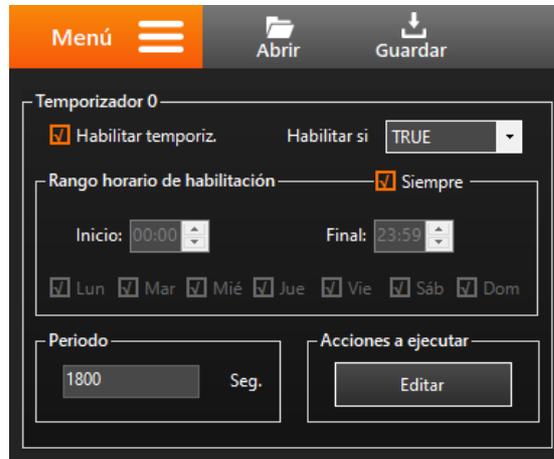


Figura 35: Configuración de temporizador. Autor: Orly Medina.

En la ventana Diagnostico, se realiza la comprobación del nivel de petróleo obtenido por el sensor en el fondo del tanque.



Figura 36: Ventana de verificación de lectura de los sensores. autor: Orly Medina.

En el anexo # 1 del Manuel técnico, se detalla la configuración de MicroConf.

### 3.3.3 Ajuste del Módulo LM2596 (regulador de voltaje)

Para la comunicación interna entre el Nemos y el Arduino, se utiliza el regulador de voltaje. Disminuyendo el voltaje de entrada de 12v y obteniendo una salida de 2.5v, este voltaje entra al pin analógico en la tarjeta Arduino. El Arduino puede recibir en sus pines analógico un voltaje máximo de 3v.

### 3.3.4 Programación del ARDUINO UNO

La tarjeta controladora Arduino es el encargado de ejecutar el encendido y apagado del motor del balancín, en el dispositivo está registrado la programación con los eventos relacionados con el nivel de petróleo y el estado de la línea de fluido.

- Al encender el dispositivo, el motor inicia su funcionamiento y el balancín entra en estado activo.
- Luego de un periodo de tiempo programado al no detectar petróleo en la línea, el motor se apaga de forma automática, aumentando la vida útil del balancín y sus componentes. El motor vuelve encenderse después de otro periodo programado.
- Cuando el balancín este activo y detecte fluido de petróleo en la línea, el balancín sigue con su funcionamiento, caso contrario vuelve apagarse el motor.
- Continuando con el proceso de llenado de tanque de petróleo y al detectar el nivel máximo permisible, se ejecuta la acción del apagado inmediato del motor. Evitando derrame de petróleo.
- El balancín vuelve a su estado de operatividad, solo cuando el nivel de petróleo este por debajo del nivel máximo permisible. Caso contrario el balancín se encuentra inactivo en su totalidad.

El Arduino se comunica con el Nemos enviando el estado del motor y el estado de la línea de fluido de petróleo.

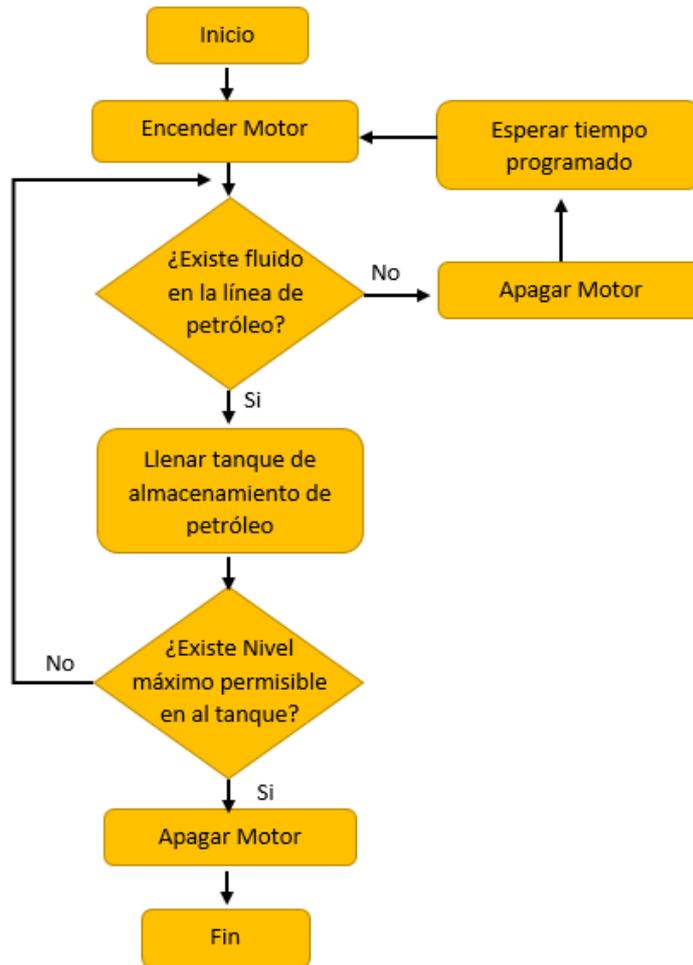


Figura 37: Diagrama de flujo del encendido y apagado del balancín. Autor: Orly Medina.

```

MONITOREO_CONTROL_BALANCIN
// Definicion de pines analogicos

#define analogPin1 A1 // lectura cuando el nivel de petroleo es BAJO
#define analogPin2 A2 // lectura cuando el nivel de petroleo es NOMINAL
#define analogPin3 A3 // lectura cuando el nivel de petroleo es ALTO
#define analogPin4 A4 // lectura cuando No se detecta Fluido en la LINEA

// Definicion de pines digitales

#define digitalReleyMotorEstado 4 // salida de estado APAGADO MOTOR
#define digitalReleyLinea 5 // salida de estado ENCENDIDO MOTOR

#define Led_Verde_Motor 6 // led color Verde, (Balancin Operativo) nos indica que el balancin esta activo
#define Led_Rojo_Alerta_Motor 7 // led color Rojo, (Balancin Inactivo) nos indica que el nivel de petroleo en el tanque es Alto
#define Led_Verde_Linea 10 // led color Verde, (Balancin Operativo) detecta Fluido en la LINEA de Petroleo
#define Led_Rojo_Alerta_Linea 11 // led color Rojo, (Balancin Inactivo) NO detecta Fluido en la LINEA de Petroleo

// Definicio de pines del MOTOR

#define dirA 12 //Iniciar Motor Canal A
#define brakeA 9 //Iniciar Freno Canal A
#define pwma 3 //Iniciar Velocidad Canal A

// Definicion de Variables

boolean nivelAlto = 0;
boolean nivelNominal = 0;
boolean nivelBajo = 0;
boolean SensorLinea = 0;
  
```

Figura 38: Definición de variables en el Arduino. Autor: Orly Medina.

### 3.3.5 Desarrollo del Circuito del control y monitoreo

Se implementa el circuito de control y monitoreo ensamblando los componentes mencionados y conectando el motor del balancín para el funcionamiento.

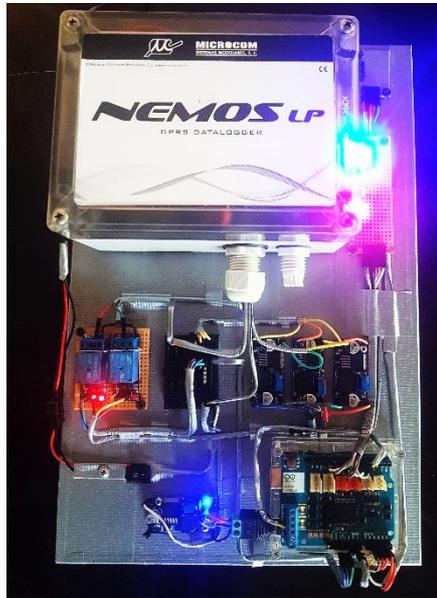


Figura 39: implementación del circuito del control automático. Autor: Orly Medina



Figura 40: Prototipo del balancín. Autor: Orly Medina.

### 3.3.6 Instalación del dispositivo de monitoreo

Los dispositivos de monitoreo se encuentran instalados en la parte superior de los tanques de almacenamiento: estación PETROPOLIS y CATALINA 07, ubicada en el Canto de Salinas, estación TIGRE y ANC1000, ubicada en el campo Ancón. Se eligieron estos tanques por petición de los ingenieros de producción.

Se realiza la medición física del nivel de petróleo con un flexómetro y se calibra en la configuración del Nemos, para que los datos reales, con margen de error de 0.3%.



Figura 41: Calibración del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina.



Figura 42: Nivel de petróleo obtenido en el dispositivo. Autor: Orly Medina.



Figura 43: Dispositivo de monitoreo en la superficie del tanque. Autor. Orly Medina



Figura 44: Tanque de almacenamiento de PETROPOLIS.

### 3.3.7 Creación de interfaz de Sinópticos

Se desarrolla la interfaz amigable del proceso de monitoreo similar a las interfaces de los sistemas Scada. Se toma lectura de las entradas digitales/analógicas de las estaciones, se representa de forma amigable para el usuario.

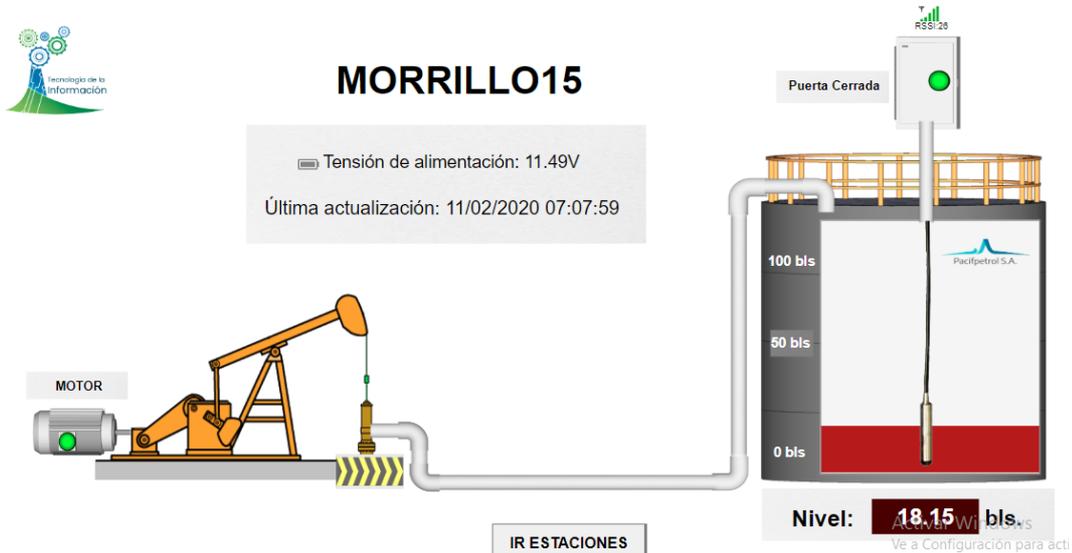


Figura 45: Diseño creado en Zeus Synoptic. Autor: Orly Medina.



Figura 46: Diseño de tanques en Zeus Synoptic. Autor: Orly Medina.

### 3.3.8 Visualización del sistema de monitoreo

Para ingresar al sistema, se realiza por cualquier navegador o por medio de la aplicación instalada en el teléfono celular, se accede con las credenciales otorgadas por el administrador del sistema.

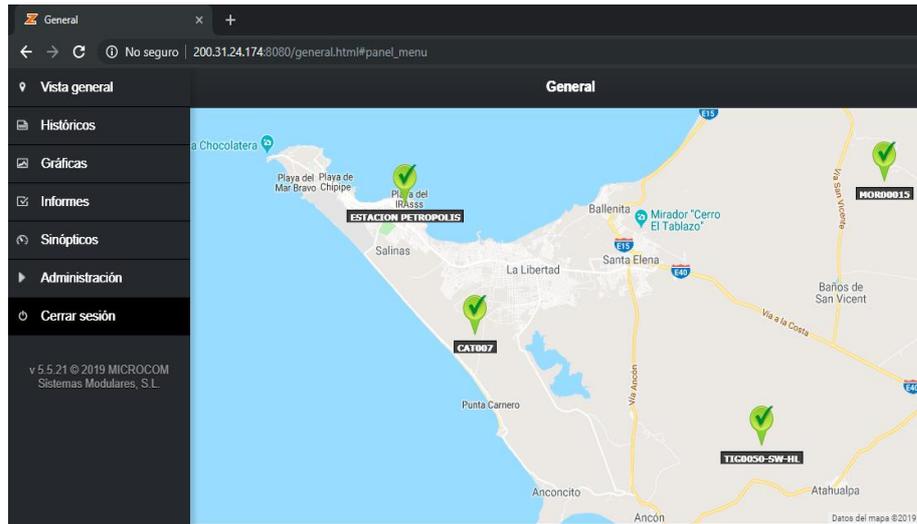


Figura 47: Acceso al sistema vía navegador. Autor: Orly Medina.



Figura 48: Acceso al Sistema vía celular. Autor: Orly Medina.



Figura 49: Datos gráficos del comportamiento del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina.

### 3.4 FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

#### 3.4.1 Costo del proyecto

Se detallan los costos de los equipos y componentes utilizados en el sistema de monitoreo y control, los equipos son adquiridos en su totalidad por Pacifpetrol.

#### Costo de Hardware

Cantidad	Descripción	P. Unitario	P. Final
2	PC – HP EliteDesk 800 G3	\$ 1,000.00	\$ 2,000.00
1	Celular Samsung Galaxy A7	\$ 350.00	\$ 350.00
2	NEMOS LP	\$ 995.00	\$ 1,990.00
2	Sensor Hidrostático	\$ 497.00	\$ 994.00
1	Arduino UNO	\$ 20.00	\$ 20.00
3	Módulo LM2596	\$ 20.00	\$ 60.00
2	Rele	\$ 20.00	\$ 40.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 5,454.00</b>

Tabla 7: Costo de hardware. Autor: Orly Medina.

### Costo de Software

N° de Licencia	Descripción	Costo Unitario	Precio Final
1	ZeusMobile (Software libre)	\$ 0.00	\$ 0.00
1	PULSE™ Command & Control	\$ 300.00	\$ 300.00
1	IDE de Arduino ( Software libre)	\$ 0.00	\$ 0.00
<b>TOTAL</b>			\$ 300.00

Tabla 8: Costo de Software. Autor: Orly Medina.

### Costo de implementación.

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Precio Final
2	Gabinete metálico	\$ 100.00	\$ 200.00
2	Panel Solar de 10w	\$ 80.00	\$ 160.00
2	Baterías de 12V-7AH	\$ 20.00	\$ 40.00
2	Valor mensual de chip (plan 75 minutos y 1200 megas)	\$ 15.00	\$ 30.00
<b>TOTAL</b>			\$ 430.00

Tabla 9: Costo de implementación. Autor: Orly Medina.

### Costo de Personal

Cantidad	Descripción	Sueldo	Mes	P. Final
1	Analista - Programador	\$ 500.00	1	\$ 500.00
<b>TOTAL</b>				\$ 500.00

Tabla 10: costo de personal. Autor: Orly Medina.

### Costos Varios

Descripción	Días	Precio por Días	Precio Final
Suministro de oficina	30	\$ 2.00	\$ 60.00
Transporte	30	\$ 3.00	\$ 90.00
Alimentación	30	\$ 3.00	\$ 90.00
<b>TOTAL</b>			\$ 240.00

Tabla 11: Costos varios. Autor: Orly Medina.

## Costo Total

Descripción	Precio Final
Costo de Hardware	\$ 5,454.00
Costo de Software	\$ 300.00
Costo de Implementación	\$ 430.00
Costo de Personal	\$ 500.00
Costos Varios	\$ 240.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6,924.00</b>

Tabla 12: Costo Total. Autor: Orly Medina.

## Comparación con otros sistemas de monitoreo

Descripción del sistema de monitoreo	Lorentz	Zeus
Números de dispositivo	1	2
Costo de implantación	\$ 18,000.00	\$ 6,924.00
Obtención de datos	30 minutos	30 minutos
Alimentación de energía	Red eléctrica	Baterías de litio
Costo mensual del chip de datos	\$ 50.00	\$ 15.00
Datos históricos	si	si
Software	servicio	propio
Notificaciones de alertas por SMS	no	si

Tabla 13: comparación de sistemas. Autor: Orly Medina.

## 3.5 RESULTADOS

Los dispositivos de monitoreo se encuentran instalados en la superficie de los tanques que están a 15 km del campo Ancón aproximadamente, los dispositivos trabajan al 100% de su operatividad. Realizando pruebas de medición de niveles del tanque en el mismo sitio, calibrando el equipo con el nivel real del tanque de crudo.



Figura 50: Instalación de sensor LH100. Autor: Orly Medina.



Figura 51: Instalación de dispositivo de monitoreo. Autor: Orly Medina.

Se configuró también, un servidor para la adquisición de datos, este equipo se encuentra dentro de la red privada en las oficinas de Pacifpetrol. La comunicación entre los dispositivos y el servidor es mediante internet, con tecnología GPRS en los dispositivos de monitoreo, como resultado la comunicación es efectiva.

Para la visualización de los datos obtenidos en los tanques de almacenamiento, se habilitó la interfaz ZeusWeb para los usuarios, accediendo al sistema por un navegador en las computadoras de las oficinas de los ingenieros de producción. la información de los tanques es actualizada cada 30 minutos sin ningún inconveniente, los dispositivos Nemos se encarga de enviar los datos automáticamente en el tiempo programado, que en este caso es cada 30 minutos. Además, esta información se almacena para su posterior análisis.

ESTACION PETROPOLIS			
Fecha	Motivo	Nivel	Puerta
21/02/2020 03:00:02	Tiempo	17.906	0
21/02/2020 02:30:02	Tiempo	17.102	0
21/02/2020 02:00:02	Tiempo	16.888	0
21/02/2020 01:30:02	Tiempo	15.708	0
21/02/2020 01:00:02	Tiempo	13.993	0
21/02/2020 00:30:02	Tiempo	13.564	0
21/02/2020 00:00:02	Tiempo	12.545	0
20/02/2020 23:30:02	Tiempo	11.687	0
20/02/2020 23:00:02	Tiempo	10.776	0
20/02/2020 22:30:02	Tiempo	9.918	0
20/02/2020 22:00:02	Tiempo	9.275	0
20/02/2020 21:30:02	Tiempo	8.256	0
20/02/2020 21:00:02	Tiempo	7.506	0
20/02/2020 20:30:02	Tiempo	7.398	0
20/02/2020 20:00:02	Tiempo	6.755	0
20/02/2020 19:30:02	Tiempo	6.487	0
20/02/2020 19:00:02	Tiempo	5.522	0
20/02/2020 18:30:02	Tiempo	5.2	0
20/02/2020 18:00:02	Tiempo	4.021	0
20/02/2020 17:30:02	Tiempo	3.699	0
20/02/2020 17:00:02	Tiempo	3.324	0
20/02/2020 16:30:03	Tiempo	2.841	0
20/02/2020 16:00:02	Tiempo	2.573	0
20/02/2020 15:30:02	Tiempo	1.769	0
20/02/2020 15:00:02	Tiempo	1.608	0
20/02/2020 14:30:02	Tiempo	0.536	0
20/02/2020 14:00:02	Tiempo	46.214	0
20/02/2020 13:30:02	Tiempo	45.463	0
20/02/2020 13:00:02	Tiempo	45.249	0
20/02/2020 12:30:02	Tiempo	44.123	0

Figura 52: Datos históricos de la estación PETROPOLIS. Autor: Orly Medina.

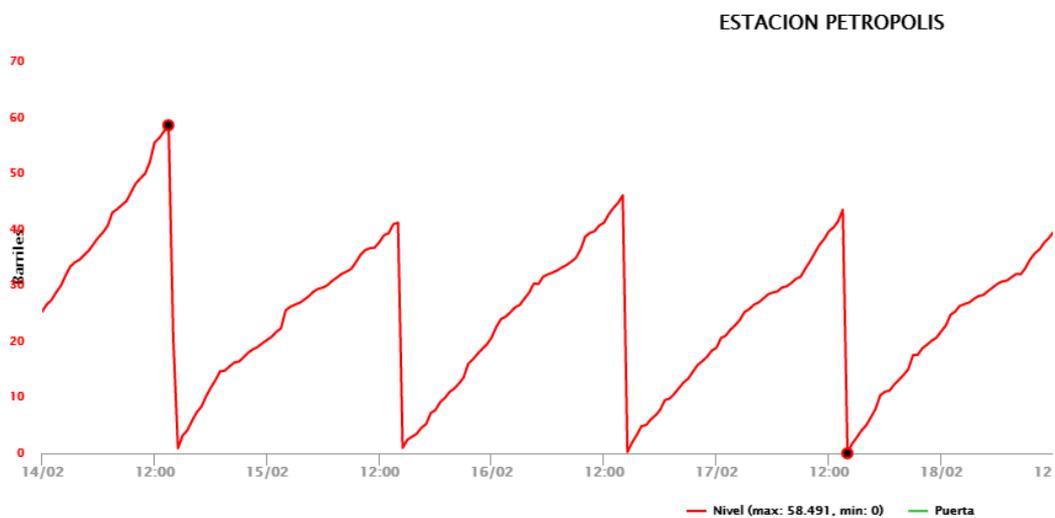


Figura 53: Datos estadísticos, estación Petropolis. Autor: Orly Medina.

Fecha	Canal	Rango (max - min)	Minimo	Fecha min	Maximo	Fecha max	Promedio	Num medidas
21/02/2020 a 27/02/2020	ESTACION PETROPOLIS: 21 - Puerta	0	0	21/02/2020 00:00:02	0	21/02/2020 00:00:02	0	10
	ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	8.364	12.545	21/02/2020 00:00:02	20.909	21/02/2020 04:30:02	16.738	10
Global	ESTACION PETROPOLIS: 21 - Puerta	$\Sigma = 0$ ( 0% )	0	21/02/2020 00:00:02	0	21/02/2020 00:00:02	0	10
Global	ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	$\Sigma = 8.364$ ( 100% )	12.545	21/02/2020 00:00:02	20.909	21/02/2020 04:30:02	16.738	10
		Total = 8.364						

Figura 54: Informe obtenido desde Zeus Web. Autor: Orly Medina.

Se realizó, la instalación de la aplicación ZeusMobile en los teléfonos celulares, que apoyan al control de datos que se generen desde cualquier lugar.

El sistema notifica por medio de mensaje de texto a los usuarios (a sus móviles), cuando el tanque de almacenamiento este en su nivel máximo de petróleo permisible. Al presentarse este evento el Nemos ejecuta la acción de apagado inmediato del motor, evitando derrames de crudo. El Nemos envía el estado del nivel de petróleo y el estado OFF del balancín mediante SMS y GPRS a los celulares registrados en el sistema.

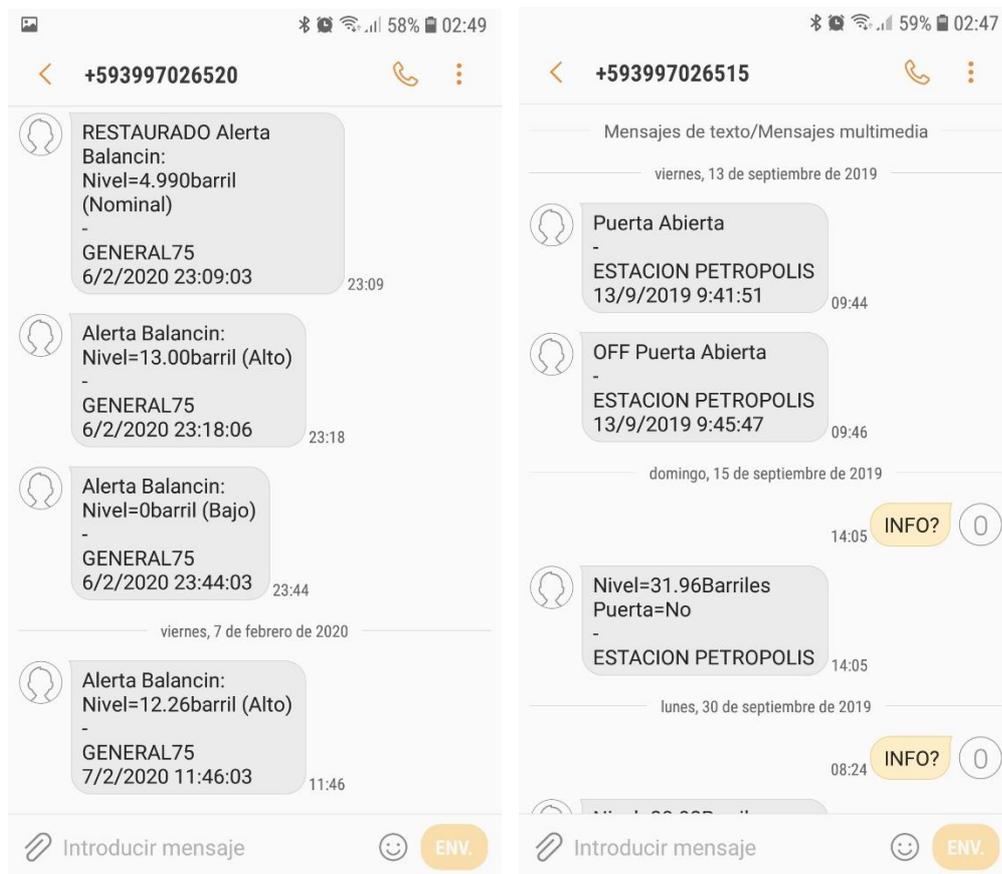


Figura 55: Notificación de alertas por SMS, General 75 y Petropolis. Autor: Orly Medina.

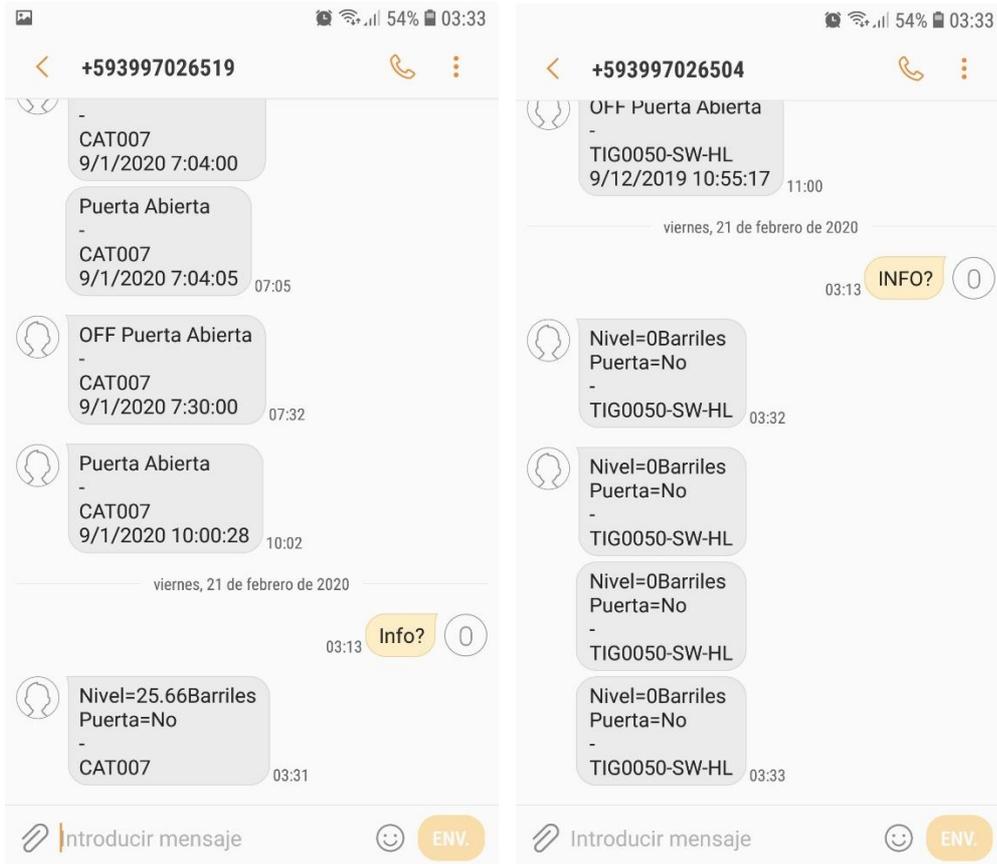


Figura 56: Notificación de alertas por SMS, CAT007 y Tig0050. Autor: Orly Medina.

Las pruebas realizadas en el prototipo del apagado y encendido del motor del balancín, permitirán mejorar el rendimiento de la producción de la empresa, conociendo la información del balancín en tiempo real. Además, esta información ayuda en la reactivación del balancín cuando el motor pasa al estado OFF, por llegar a su nivel máximo permisible (nivel 100, nivel permisible 70) o cuando la línea de fluido (tubería) no detecte petróleo. La información obtenida evita perdidas por baja producción de petróleo, por tener el balancín inactivo.



Figura 57: Estado del motor. Autor: Orly Medina.

El plus de este proyecto es la implementación de los dispositivos en sitios donde no se dispone de red eléctrica; en tiempos de lluvia el acceso a los pozos se torna imposibles de ingresar. Adicional, se destaca la integración de la tarjeta controladora ARDUINO UNO, que permite al prototipo la intervención automática del encendido y apagado del balancín en cuestión de minutos. Abriendo nuevas ventanas para el control de nuevos procesos, utilizando el internet como medio de comunicación, llegando a sitios totalmente irregulares.

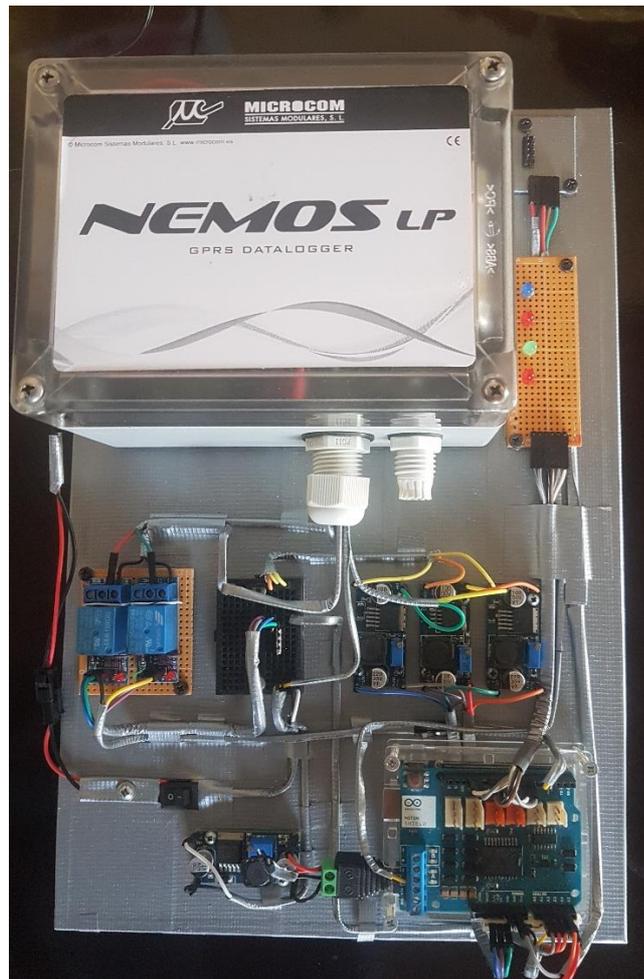


Figura 58: Implementación del prototipo del control del Balancín. Autor: Orly Medina

Adicional, el proyecto permite tener un ahorro en el costo de funcionamiento del balancín, prolongando el tiempo de vida del motor al controlar la operatividad de la unidad de bombeo, ahorro en costo de mantenimiento y repuesto del motor, ahorro en el costo de mantenimiento del vehículo y gasolina. Reduciendo el número de vista inscitus, obteniendo información del tanque y del balancín cada 30 minutos.

En las siguientes tablas se muestra el costo y el ahorro, en la inspección de un tanque de almacenamientos de petróleo.

Descripción	Antes			Actual (Sistema de Monitoreo)			Ahorro
	semanal	mensual	anual	semanal	mensual	anual	Anual
Numero de visitas por tanque	7 veces	28 veces	336 veces	0	1 vez	12 veces	
Costo de gasolina \$ 2,18 / 1 galon	\$ 15,26	\$ 61,04	\$ 732,48	0,00	\$ 2,18	\$ 26,16	96,43%
Costo en mantenimiento del vehiculo \$ 8,33 / dia	\$ 58,31	\$ 233,24	\$ 2.798,88	0,00	\$ 8,33	\$ 99,96	96,43%
Costo en mantenimiento del balancin \$ 33,33 / dia	\$ 233,31	\$ 933,24	\$11.198,88	0,00	\$ 66,66	\$ 799,92	92,86%
<b>PROMEDIO</b>			<b>\$14.730,24</b>			<b>\$ 926,04</b>	<b>95,24%</b>

Tabla 14: Ahorro en costo en logística del vehículo y balancín. Autor: Orly Medina.

Descripción	Antes	Actual (Sistema de Monitoreo)	Ahorro
Actualización de información del nivel de petroleo y del balancin	24 horas	30 min.	97,80%
Tiempo en reactivar un balancin	3 dias	1 dia	66,67%
Notificaciones por SMS	No	SI	100%
perdidas en barriles de petroleo	1 bls / 1 dia	0 barriles	100%
<b>PROMEDIO DE OPTIMIZACION</b>			<b>91,12%</b>

Tabla 15: Optimización de tiempo en obtener información. Autor: Orly Medina.

La implementación del panel solar se realizará en la segunda adquisición de equipos de monitoreo para nuevos tanques de almacenamientos.

## CONCLUSIONES

Las pruebas de medición física del nivel de petróleo realizada en el tanque de crudo, demuestran que los dispositivos e instrumentación utilizados en el sistema de monitoreo es confiables, porque los datos registrado en el sistema tiene un margen de error de 0,3 % con la medición real. Incluso, reduciendo el porcentaje de error lo más aproximado posible al nivel real.

Para la confiabilidad de la información del proyecto al navegar por la internet, el servidor está sujeta a las políticas de la empresa. Con la tecnología GPRS es factible llegar a cualquier punto del campo, siempre y cuando se disponga de cobertura en los tanques seleccionados.

Con el sistema de monitoreo se logró disminuir el tiempo de 24 horas a 30 minutos, en obtener información del nivel de petróleo que existen en el tanque de crudo. Habilitando una interfaz para el usuario, visualizando de forma general en un mapa y de forma individual de cada dispositivo.

El sistema de monitoreo, ha logrado reducir el número de inspección de 7 veces a la semana a 1 visita por mes en un tanque de petróleo. Ahorrando un 95.24 % del costo de logística del vehículo y balancín. tal como se muestra en la tabla # 14 de ahorro de costo y logística.

Las notificaciones enviadas de forma automáticas por SMS y GPRS de los niveles altos y bajos de petróleo. Permite la optimización de tiempo a un 100% en que el usuario conozca el estado del nivel de petróleo y el funcionamiento del balancín de los tanques más distante del campo Ancón, tal como se muestra en la tabla # 15 de optimización de tiempo.

Con la instalación y comunicación de la tarjeta Arduino con el Nemos LP, se logró controlar de forma automática el balancín, optimizando un 66,67% en eficiencia en la reactivación del balancín. Esto permite investigar y unificar otras tarjetas controladoras para nuevos procesos y monitoreo en la extracción de petróleo.

Los dispositivos de monitoreo ayuda en la producción diaria de petróleo en el campo, evitando posibles derrames de crudo al no obtener información del tanque y del balancin en tiempos de invierno, donde el acceso a los pozos se torna imposible de ingresar.

## **RECOMENDACIONES**

Obteniendo resultado favorable en la implementación del proyecto, se detallan las recomendaciones para futuros proceso, incrementando la información en la obtención de datos en los tanques de almacenamientos y balancín.

En algunos tanques existen pequeñas acumulaciones de lodo, provocando pequeñas variaciones sobre el nivel de petróleo. Para garantizar la fiabilidad del nivel de petróleo se recomienda la verificación física del nivel en el tanque una vez por mes.

Para la versión 2 del sistema de monitoreo, se debe cambiar el Nemos LP por un Hermes M100 de la familia Micricom. Este dispositivo me permite aumentar monitorear más tanques y controlar más de un balancin en un solo dispositivos.

Para instalar el sistema en lugares donde no existe cobertura GPS y GPRS, se recomienda la adquisición e implementación de un amplificador de señal celular, para llegar a sitio donde nunca antes se había instalado un dispositivo de monitoreo.

Para garantizar la vida útil del dispositivo mayor a 5 años se recomienda que el equipo actualice la información cada 30 minutos. estos dispositivos están diseñados para trabajar en lugares donde no existe red eléctrica, otorgando una autonomía dependiendo de la configuración a trabajar.

En la versión 2 del sistema de monitoreo es necesario la implementación de panel solar para la autonomía del funcionamiento del equipo, evitando apagados innecesarios por el consumo y cambios de las baterías recargables.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] O. Aniceto, “Monitoreo de nivel en tanques de almacenamiento - Telemetic - Telemetria y tecnología especializada.” <http://www.telemetic.com.mx/monitoreo-de-nivel-en-tanques-de-almacenamiento.html> (accessed Jul. 27, 2019).
- [2] Cintya Paspuezán Granja, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE,” ecuador, 2013. Accessed: Jul. 26, 2019. [Online]. Available: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1950/3/04 RED 026 TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1950/3/04%20RED%2026%20TESIS.pdf).
- [3] V. V. Marquez, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL,” Ecuador, 2015. Accessed: Jul. 24, 2019. [Online]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/99922/D-103163.pdf>.
- [4] E. de Expertos, “Sistemas GPRS, concepto general y usos principales | VIU,” 2018. <https://www.universidadviu.com/sistemas-gprs-concepto-general-usos-principales/> (accessed Aug. 05, 2020).
- [5] La enciclopedia de la ingeniería, “¿Qué es y para qué sirve un PLC? - Ingeniería Mecafenix,” Jan. 16, 2018. <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/> (accessed Aug. 06, 2020).
- [6] Yanina Muradas Maceira, “SQLite para Android: La herramienta definitiva | OpenWebinars,” *Open Webinars*, Mar. 23, 2018. <https://openwebinars.net/blog/sqlite-para-android-la-herramienta-definitiva/> (accessed Aug. 06, 2020).
- [7] M. Mariscal and M. Jesús, “Monitoreo de Tanques de GLP y DIESEL,”

- monitoreo de tanques*, 2015. <http://alerttank.com/> (accessed Jul. 27, 2019).
- [8] J. Coronado Padilla, “ESCALA DE MEDICIÓN,” Bogotá, 2006. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4942056>.
- [9] Pacifpetrol, “Pacifpetrol | INICIO - Asociación Pacifpetrol S.A. Andipetróleos SEOG Oil & Gas Sociedad Anónima,” 2018. <https://www.pacifpetrol.com/es/inicio> (accessed Dec. 05, 2018).
- [10] Pacifpetrol, “Pacifpetrol | GESTIÓN - Asociación Pacifpetrol S.A. Andipetróleos SEOG Oil & Gas Sociedad Anónima,” 2018. <https://www.pacifpetrol.com/es/gestion> (accessed Jul. 11, 2019).
- [11] G. Emiliano, “Bombeo mecánico,” 2017. <https://es.slideshare.net/EmilianoGonzlez5/bombeo-mecnico-72647671> (accessed Dec. 08, 2018).
- [12] Hispasat, “Redes de telecontrol,” *Redes de telecontrol*, 2016. <https://www.hispasat.com/es/soluciones-y-servicios/empresas--gubernamental/redes-de-telecontrol> (accessed Sep. 15, 2019).
- [13] EcuRed, “Martín Cooper,” *EcuRed*. [https://www.ecured.cu/Martin\\_Cooper](https://www.ecured.cu/Martin_Cooper) (accessed Oct. 03, 2019).
- [14] Y. Bedoya Giraldo, C. F. Salazar Giraldo, J. F. Muñoz Lozano, and I. Mecatrónico, “Implementación, control y monitoreo de un sistema de Seguridad vehicular por redes GSM/GPRS,” 2013, Accessed: Oct. 03, 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4350?show=full>.
- [15] OMEGA engineering inc., “Monitoreo Remoto,” *OMEGA, artículo técnico*. <https://mx.omega.com/technical-learning/monitoreo-remoto.html> (accessed Oct. 03, 2019).
- [16] Energía solar, “Panel solar,” *Panel solar*, 2017. <https://solar-energia.net/definiciones/panel-solar.html> (accessed Oct. 03, 2019).
- [17] J. A. Vargas Guativa, J. A. López Velásquez, and L. Conde Cárdenas, “Sistema de Instrumentación y Control para Tanques de Almacenamiento de Agua Potable,” *Ingeniare*, no. 17, p. 69, 2015, doi: 10.18041/1909-2458/ingeniare.17.563.
- [18] P. B. Schillig, “Prevención de sobrellenado en tanques más Internet de las cosas,” pp. 34–38, 2017, [Online]. Available: [https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/aa4\\_schillig\\_prevencion\\_sobrellenado.pdf](https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/aa4_schillig_prevencion_sobrellenado.pdf).
- [19] O. Aniceto, “Contacto - Telemetic - Telemetria y tecnologia especializada.” <http://www.telemetic.com.mx/contacto.html> (accessed Oct. 02, 2019).
- [20] Microcom Sistemas Modulares, “Datalogger GPRS. Microcom,” 2013. <http://www.microcom.es/nemos-lp.php> (accessed Jan. 05, 2019).
- [21] Microcom Sistemas Modulares, “Nemos LP GUIA RAPIDA,” *Nemos LP Datalogger GPRS*, 2014, Accessed: Oct. 02, 2019. [Online]. Available: <http://www.microcom.es/documentos/descargas/Nemos LP/Manual HW Nemos LP.pdf>.
- [22] Siemens, “SITRANS LH100 - Instrumentación de procesos - Siemens,” Accessed: Sep. 15, 2019. [Online]. Available: <https://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/medicion-de-presion/pages/sitrans-lh100.aspx>.
- [23] Lesman Instrument Company, “Siemens SITRANS LH100 submersible hydrostatic pressure transmitter for liquid level measurement,” *Siemens*

- SITRANS LH100 Submersible Hydrostatic.*  
<http://www.lesman.com/unleashd/catalog/level/Siemens-SITRANS-LH100-hydrostatic-pressure-transmitter.html> (accessed Sep. 15, 2019).
- [24] siemens, “SITRANS LH100 | Pressure Measurement | Siemens.”  
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/pressure-management/sitrans-lh100.html> (accessed Oct. 02, 2019).
- [25] Matrix electrónica S.L.U., “ANTENNAE,” 2017, Accessed: Oct. 02, 2019. [Online]. Available: <http://scatek.com/wp-content/uploads/2017/04/Catalogo-antenas.pdf>.
- [26] Arduino, “Arduino Uno Rev3.” <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> (accessed Sep. 15, 2019).
- [27] Geek Factory, “Sensor magnético para puertas y ventanas - Geek Factory,” *Sensor magnético para puertas y ventanas.*  
<https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-magnetico-para-ventanas-y-puertas/> (accessed Oct. 04, 2019).
- [28] HUBOT, “Sensor Distancia Análogo Rango,” *Hubot diseña tu realidad.*  
<https://hubot.cl/product/sensor-distancia-analogo-rango-10-80cm-gp2y0a21yk0f-sku-554/> (accessed Oct. 04, 2019).
- [29] AutoSolar, “Panel Solar 10W 12V Policristalino,” *Energía solar.*  
<https://autosolar.es/panel-solar-12-voltios/panel-solar-10w-12v-policristalino-atersa> (accessed Oct. 04, 2019).
- [30] “Modulo Regulador de Voltaje Ajustable LM2596 5V/12V/24V 3A | OXDEA GUATEMALA.” <https://www.oxdea.com/shop/product/lm2596-modulo-regulador-de-voltaje-ajustable-lm2596-5v-12v-24v-3a-20218?category=77> (accessed Feb. 16, 2020).
- [31] Microcom Sistemas Modulares, “Plataforma Zeus 5. Microcom,” *microcom.* <https://www.microcom.es/zeus.php> (accessed Oct. 04, 2019).
- [32] Microcom Sistemas Modulares, “Zeus Web,” *Microcom.*  
<http://www.microcom.es/zeusweb.php> (accessed Jun. 05, 2019).
- [33] Microcom Sistemas Modulares, “Manual de programación Hermes / Nemos,” *Microcom*, 2019, Accessed: Oct. 05, 2019. [Online]. Available: <http://www.microcom.es/documentos/descargas/Software de configuracion para Hermes y Nemos/Manual Soft. Configuracion v8 ES.pdf>.
- [34] M. S. Modulares, “Nemos LP Guia rapida,” *Nemos LP Datalogger GPRS*, 2014, [Online]. Available: <http://www.microcom.es/documentos/descargas/Nemos LP/Manual HW Nemos LP.pdf>.
- [35] Z. Maker, “Manual de Arduino,” 2014. Accessed: Nov. 29, 2019. [Online]. Available: <http://www.zonamaker.com>.
- [36] CNT, “Mapa de cobertura CNT EP,” *mapa de cobertura en Santa Elena.*  
<https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-80.79324,-2.27446,12> (accessed Aug. 05, 2020).
- [37] Movistar, “Cobertura Nacional - Movistar,” *mapa de cobertura en Santa Elena*, 2019. <https://www.movistar.com.ec/productos-y-servicios/cobertura> (accessed Aug. 05, 2020).
- [38] Claro, “Mapa de cobertura Claro,” *mapa de cobertura en Santa Elena*, 2020. <http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios->

- moviles/cobertura/ (accessed Aug. 05, 2020).
- [39] TeleSemana, “Estadísticas: telecomunicaciones en Ecuador – TeleSemana.com,” 2020. <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/ecuador/> (accessed Aug. 05, 2020).

## ANEXOS

### Anexo 1: Manual Técnico

#### Instalación del controlador USB de comunicación

Descargar el controlador en la página web de Microcom: <http://www.microcom.es>

- Descargas→**Driver USB Hermes/Nemos.**
- Ejecutar el archivo **Driver\_Microcom.exe**, seguir las instrucciones

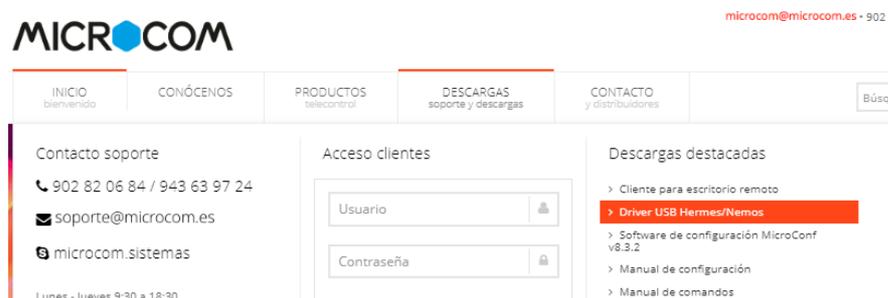


Figura 59: Captura de pantalla descarga de driver. Autor: Orly Medina.

#### Instalación del Software universal MicroConf v8

Descargar el controlador en la página web de Microcom: <http://www.microcom.es>

- Descargas→**Software de configuración MicroConf.**
- Ejecutar el archivo **setup.exe**, seguir las instrucciones

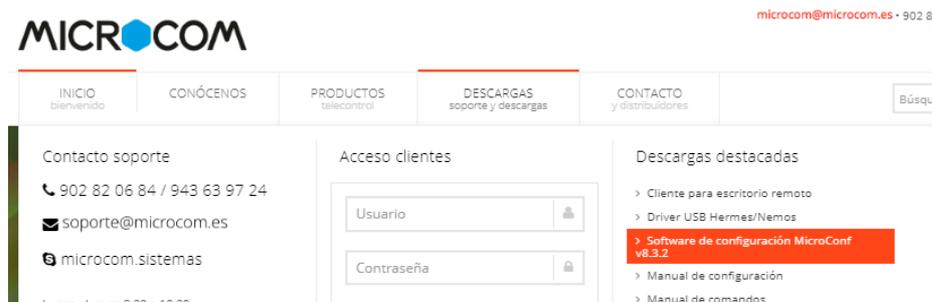


Figura 60: Captura de pantalla descarga de software. Autor: Orly Medina.

## Configuración de estaciones en MicroConf

Abrir MicroConf y seleccionar el modelo del equipo sobre el que se va a trabajar, en este caso el seleccionamos NEMOS LP.



Figura 61: Seleccionar modelo. Autor: Orly Medina.

## Establecer comunicación con Hardware y Software

Ingresar al menú opción general y llenar los datos de la estación.



Figura 62: Menú configuración general. Autor: Orly Medina.

Conectar el dispositivo mediante USB y buscar el puerto COM

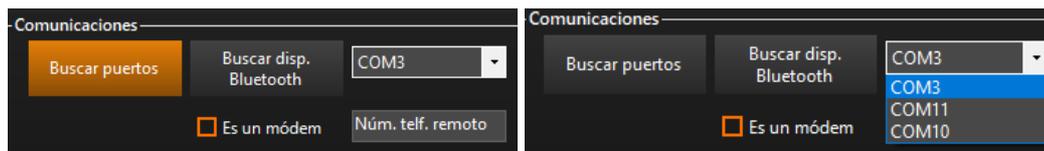


Figura 63: Seleccionar puerto de comunicación. Autor: Orly Medina.

Realizar la conexión. Si la conexión no se ejecuta, verificar el puerto COM

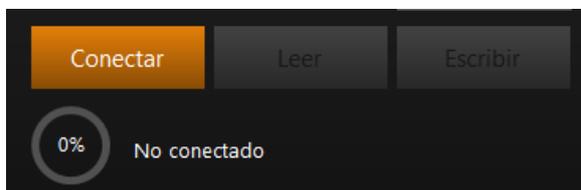


Figura 64: Establecer conexión. Autor: Orly Medina.

Ingresar el nombre de la estación, el nombre es el ID único del equipo.

Ingresar las coordenadas geográficas donde va estar físicamente el equipo

Seleccionar la operadora y registrar el numero propio del chip y el número de centro de servicios SMS.

Figura 65: Datos generales de la estación. Autor: Orly Medina.

Habilitar la comunicación GPRS, en la dirección Zeus se ingresa la IP publica donde se comunica el servidor, ingresar puerto.

Figura 66: Configuración de dirección IP. Autor: Orly Medina.

Ingresar el número telefónico de los usuarios quienes reciben las notificaciones por mensaje de texto.

Teléfono	Prioridad	Privilegio
+593960053421	1	2-Administr...

Figura 67: Configuración de números de teléfonos para alertas. Autor: Orly Medina.

Una vez completado el ingreso de datos, enviar la información al dispositivo, hacer clic en el botón **ESCRIBIR**

Figura 68: Guardar datos en el Nemos LP. Autor: Orly Medina.

## Configuración de Entradas/Salidas analógicas y digitales

Ingresar al menú y seleccionar entrada analógica

1. Menú
2. Entradas y salidas
3. Analógicas / digitales



Figura 69: Configuración de entradas analógicas/digitales. Autor: Orly Medina.

### Seleccionar una entrada analógica

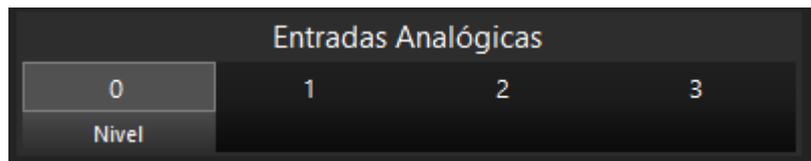


Figura 70: Seleccionar entradas analógicas. Autor: Orly Medina.

Habilitar la entrada analógica en modo de 4/20 mA

Ingresar un nombre de la entrada analógica y el grupo de alimentación de la sonda

Ingresar la equivalencia en unidad de ingeniería, en el ítem 3.3.2 se detalla el cálculo de la unidad de ingeniería con respecto al volumen del amperaje del sensor.

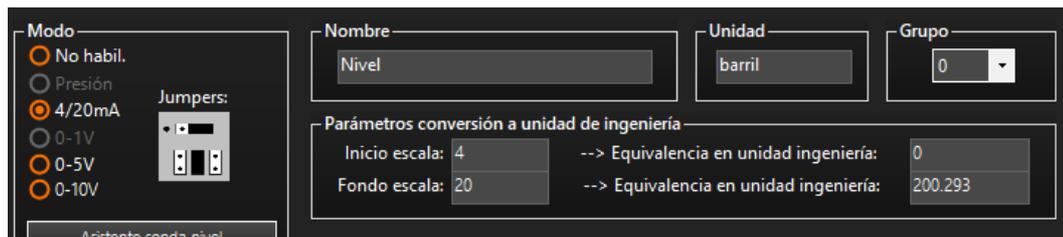


Figura 71: Configurar nombre y unidad de ingeniería del sensor: autor: Orly Medina.

### Seleccionar el grupo de sonda en el cual se alimenta de voltaje el sensor

Entrada analógica 0: nombre nivel, grupo 0, salida 0, tensión de voltaje 12v

Entrada analógica 1: sin nombre, grupo 1, salida 1, tensión de voltaje 12v

Entrada analógica 2: sin nombre, grupo 3, salida 3, tensión de voltaje 12v

Entrada analógica 3: sin nombre, grupo 2, salida 2, tensión de voltaje 12v

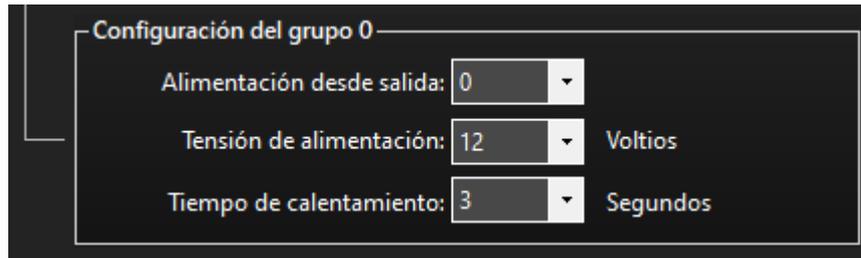


Figura 72: Configurar salida de tensión del sensor. Autor: Orly Medina.

## Configuración de alerta por mensaje en la entrada analógica 1

Habilitar alarma

Notificar por GPRS y SMS

Ingresar texto de alerta

Ingresar el nivel ALTO y BAJO para ejecutar la alerta

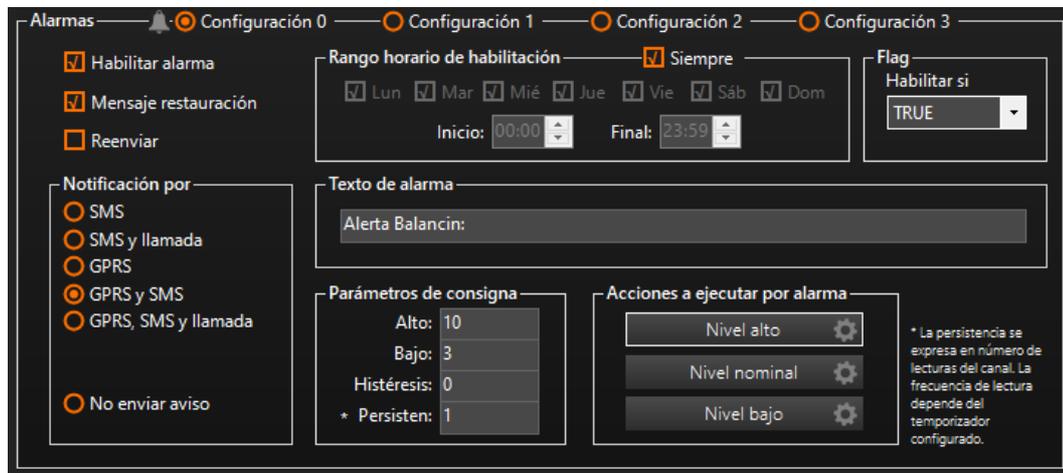


Figura 73: Configurar alarma por eventos. Autor: Orly Medina.

## Configurar las acciones a ejecutar por alarma

Nivel **alto**: Leer grupo de analógicas 3

Nivel **nominal**: Leer grupo de analógicas 2

Nivel **bajo**: Leer grupo de analógicas 1

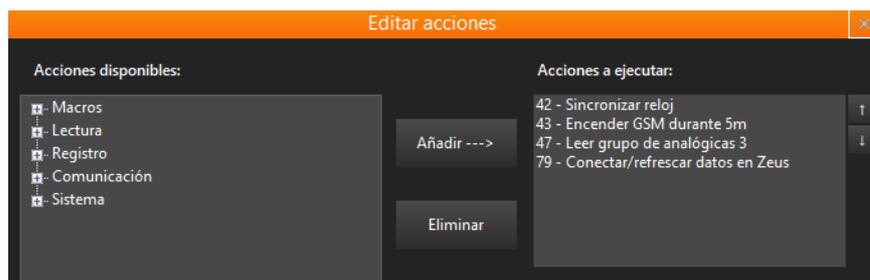


Figura 74: Configurar acciones por alarma. Autor: Orly Medina.

Una vez completado el ingreso de datos, enviar la información al dispositivo, hacer clic en el botón **ESCRIBIR**

### Configuración de temporizador para entrada analógica

Ingresar al menú y seleccionar temporizador cíclico para entrada analógica 0

1. Menú
2. Entradas y salidas
3. Analógicas / digitales



Figura 75: Menú temporizador. Autor: Orly Medina.

Habilitar temporizador solo para la entrada analógica 0

Habilitar el rango de horario

Ingresar el periodo de reporte en segundos, para este proyecto 1800 seg, para que reporte cada 30 minutos.

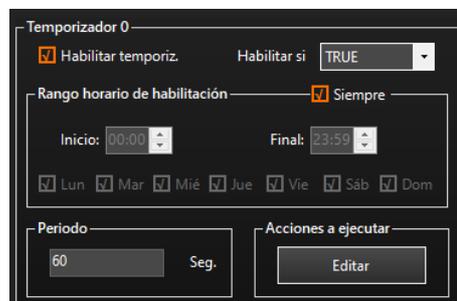


Figura 76: Configurar temporizador por entrada analógica. Autor: Orly Medina.

### Configurar las acciones a ejecutar por temporizador

Leer grupo analógico 0



Figura 77: Configurar acciones por temporizador. Autor: Orly Medina.

Una vez completado el ingreso de datos, enviar la información al dispositivo, hacer clic en el botón **ESCRIBIR**

## Guardar Archivo

Hacer clic en guardar y seleccionar la dirección del archivo.hcf

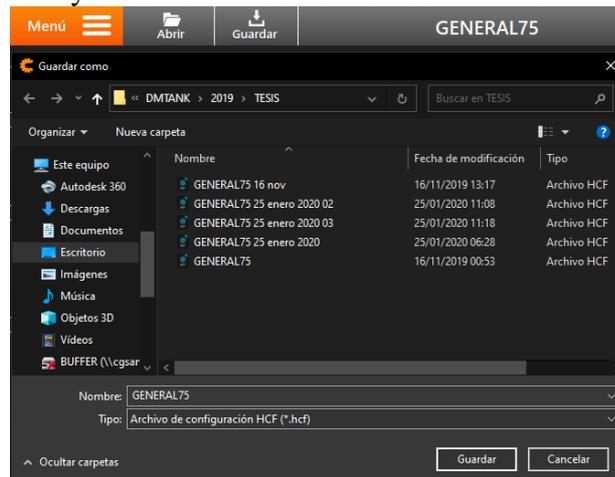


Figura 78: Guardar archivo. Autor. Orly Medina.

## Configurar estación en el servidor

Importar el archivo generado en MicroConf y subirlo a Zeus server y completar los siguientes datos.

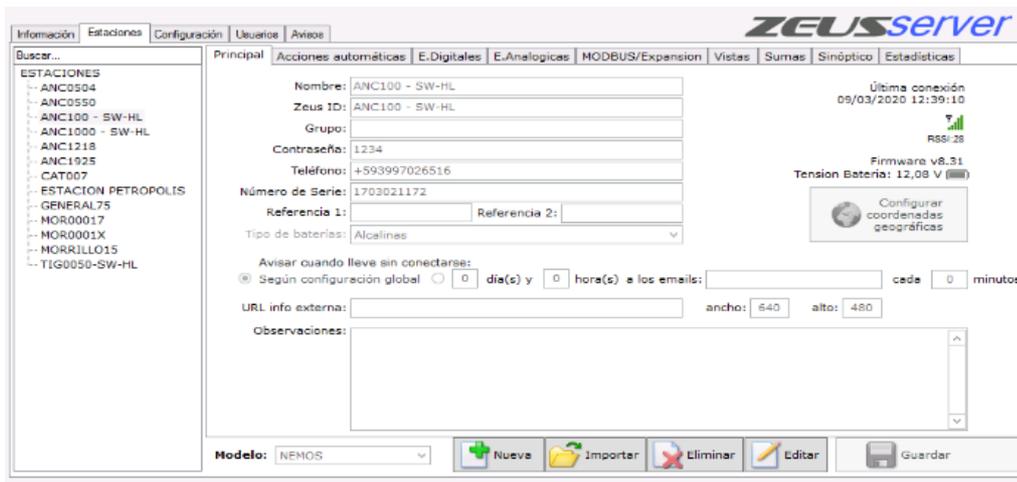


Figura 79: Configuración de estación en el servidor. Autor. Orly Medina.

## En pestaña principal

Ingresar contraseña por defecto 1234

Ingresar el número de serie de la tarjeta

Principal Acciones automáticas E.Digitales E.Analogicas MODBUS/Expansion

Nombre: ANC100 - SW-HL

Zeus ID: ANC100 - SW-HL

Grupo:

Contraseña: 1234

Teléfono: +593997026516

Número de Serie: 1703021172

Referencia 1: Referencia 2:

Tipo de baterías: Alcalinas

Figura 80: Datos adicionales en el servidor. Autor: Orly Medina.

## En la pestaña Sinóptico

Relacionar los tag creado y Zeus builder con la estación a configurar

Principal Acciones automáticas E.Digitales E.Analogicas MODBUS/Expansion Vistas Sumas Sinóptico Estadísticas

Sinóptico: MORRILLO15

Tags:

Nombre	Tipo	Estacion	Valor
led_motor	Identificador de Canal	MORRILLO15	0 - Nivel
tag_alertaP_cat007	Identificador de Canal	CAT007	21 - Puerta
tag_alertaP_morrillo15	Identificador de Canal	MORRILLO15	21 - Puerta
tag_alertaP_petropolis	Identificador de Canal	ESTACION PET...	21 - Puerta
tag_alertaP_tig050	Identificador de Canal	TIG0050-SW-HL	21 - Puerta
tag_nivel_cat007	Identificador de Canal	CAT007	0 - Nivel
tag_nivel_morrillo15	Identificador de Canal	MORRILLO15	0 - Nivel
tag_nivel_petropolis	Identificador de Canal	ESTACION PET...	0 - Nivel
tag_nivel_tig050	Identificador de Canal	TIG0050-SW-HL	0 - Nivel

Figura 81: Configuración de sinópticos. Autor: Orly Medina.

## En la pestaña Usuario

Crear usuario con su contraseña

Dar acceso de estaciones por usuario

Seleccionar los permisos por usuario

Usuarios Avance ZEUSserver

Propiedades del Usuario

Contraseña: \*\*\*\*\*

Email:

Nombre: Apellidos:

Permisos

- Mostrar "Históricos"
- Mostrar "Gráficas"
- Permitir configurar gráficas
- Mostrar "Informes"
- Mostrar "Sinópticos"
- Mostrar "Reenvio Alarmas"
- Habilitar envío de comandos
- Habilitar llamadas de datos
- Superusuario
- Gestión de estaciones
- Gestión de usuarios

Estaciones a las que tiene acceso:

- ESTACIONES
- ANC0504
- ANC0550
- ANC100 - SW-HL
- ANC1000 - SW-HL
- ANC1218
- ANC1925
- CAT007
- ESTACION PETROPOLIS
- GENERAL75
- MOR00017
- MOR0001X
- MORRILLO15
- TIG0050-SW-HL

Usuarios que gestiona:

- coordinador
- DMTANK
- ingeniero.anicon
- monitorio

Opciones: Limitar visualización alarmas a 0 días.

Nuevo usuario Eliminar usuario Guardar cambios

Figura 82: permiso de estación por usuario. Autor: Orly Medina

## Anexo 2: Manual de usuario.

### Plataforma Zeus Web y Mobile

La plataforma Zeus, permite la supervisión de las estaciones remotas desde un simple navegador web o desde la aplicación en el teléfono celular, accediendo a la información registrada de los equipos.

Ingresar al servicio desde la web. <http://200.31.24.174:8080/>

Configurar la IP y el puerto para los teléfonos.

Ingresar las credenciales otorgada por el administrador.

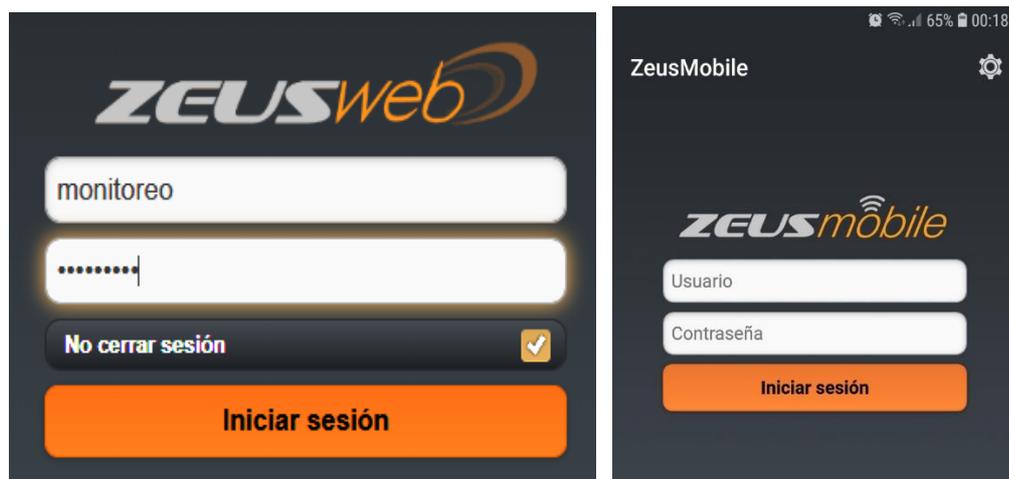


Figura 83: Captura de pantalla inicio de sesión. Autor: Orly Medina.

### Visualizar registros de las estaciones.

Hacer clic en la estación para una visualización rápida

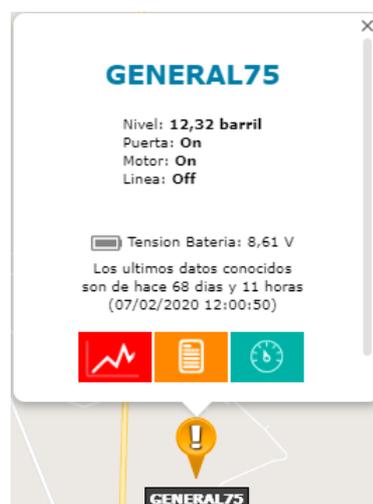


Figura 84: Datos generales de estación. Autor: Orly Medina.

## Datos históricos.

Revisar los datos almacenado del nivel del tanque

Ingresar desde el menú general o desde las opciones de cada estación.



Figura 85: Menú datos históricos. Autor: Orly Medina.

Fecha	Motivo	Nivel	Puerta	Motor	Línea
07/02/2020 11:54:06	Tiempo	12.322	1		
07/02/2020 11:53:06	Tiempo	12.384	1		
07/02/2020 11:52:06	Tiempo	12.384	1		
07/02/2020 11:51:06	Tiempo	12.384	1		
07/02/2020 11:50:06	Tiempo	12.322	1		
07/02/2020 11:49:06	Tiempo	12.199	1		
07/02/2020 11:48:06	Tiempo	12.322	1		
07/02/2020 11:47:06	Tiempo	12.384	1		
07/02/2020 11:46:06	Tiempo	12.26	1		
07/02/2020 11:45:06	Tiempo	0	1		
07/02/2020 11:44:06	Tiempo	0.123	1		
07/02/2020 11:43:06	Tiempo	0.123	1		
07/02/2020 11:42:06	Tiempo	0.082	1		
07/02/2020 11:41:06	Tiempo	12.322	1		

Figura 86: Comportamiento de datos almacenados. Autor: Orly Medina.

## Vista gráfica.

Los registros también se pueden visualizar de forma gráfica del nivel en el tanque.

Ingresar desde el menú general o desde las opciones de cada estación.



Figura 87: Vista gráfica del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina.

## Vista Sinópticos.

Diseño de forma amigable para el usuario el comportamiento del tanque.

Ingresar desde el menú general o desde las opciones de cada estación.



Figura 88: Menú sinópticos del tanque. Autor: Orly Medina.

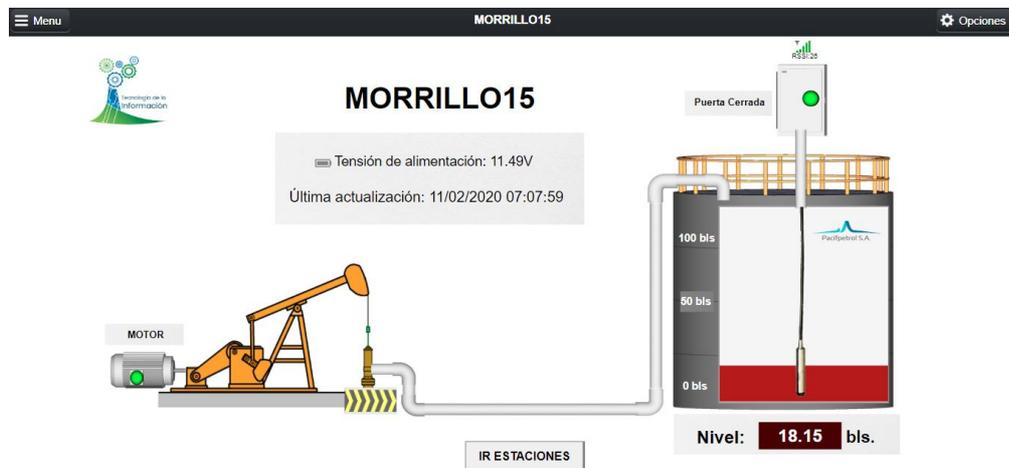


Figura 89: Vista de sinópticos. Autor: Orly Medina.

## Generar informes o reportes.

Crear informe según la necesidad del usuario para la toma de decisiones.

Ingresar desde el menú general.

Seleccionar una o más estaciones y el canal de datos para analizar.

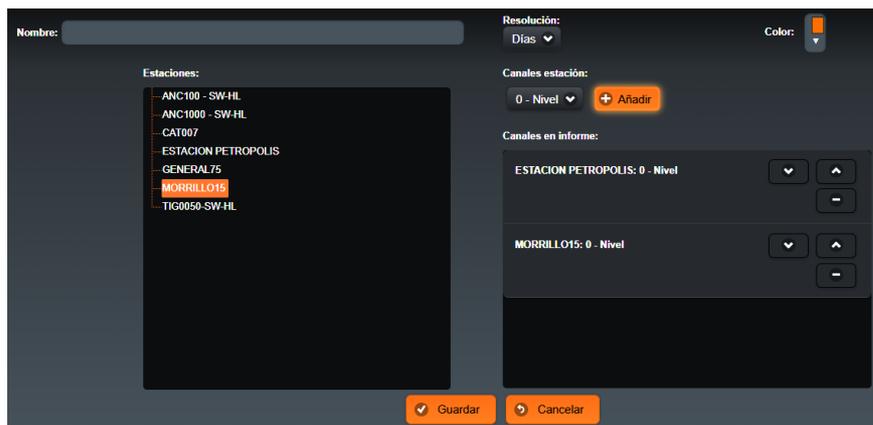


Figura 90: Creación de informes. Autor: Orly Medina.

Fecha	Canal	Rango medido	Mínimo	Fecha mín	Máximo	Fecha max	Promedio	Num medidas	Tiempo activo	Num activaciones
16/01/2020	a 15/02/2020	ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	58.491	0	22/01/2020 12:16:48	58.491	14/02/2020 13:30:02	8.754	1176	0
		CAT007: 0 - Nivel	81.571	0.449	30/01/2020 14:30:02	82.02	20/01/2020 14:30:02	15.1	1478	0
		GENERAL75: 22 - Motor						0	0	0
16/02/2020	a 15/03/2020	ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	63.316	0	17/02/2020 14:00:02	63.316	01/03/2020 14:00:02	22.972	1392	0
		CAT007: 0 - Nivel	59.496	0.449	26/02/2020 15:00:02	59.855	08/03/2020 14:30:02	18.394	1392	0
		GENERAL75: 22 - Motor						0	0	0
16/03/2020	a 15/04/2020	ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	49.323	0	18/03/2020 14:00:02	49.323	18/03/2020 13:30:02	13.006	1488	0
		CAT007: 0 - Nivel	58.707	0.25	05/04/2020 10:00:02	58.957	23/03/2020 12:30:02	9.253	1488	0
		GENERAL75: 22 - Motor						0	0	0
Global		ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	2 - 171.13 (46.15%)	0	22/01/2020 12:16:48	63.316	01/03/2020 14:00:02	15.19	4958	0
Global		CAT007: 0 - Nivel	2 - 199.894 (53.85%)	8.25	06/04/2020 16:00:02	82.02	20/01/2020 14:30:02	14.156	4358	0
Global		GENERAL75: 22 - Motor						0	0	0
			Total = 370.814							

Figura 91: Informes del nivel en los tanques. Autor: Orly Medina.

### Opciones de búsqueda y tipo de exportación.

Ingresar al menú de opción

Seleccionar la estación y el tipo de búsqueda a realizar (hoy, semana, mes y periodo).



Figura 92: Opciones de búsqueda. Autor: Orly Medina.

## Tipo de exportación.

Exportar informes creadas

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
ejemplo									
Desde	Hasta	Canal	Rango	Minimo	Fecha min	Maximo	Fecha max	Promedio	Num medic Tie
17/03/2020	16/04/2020	ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	49,323	0	18/03/2020 14:00	49,323	18/03/2020 13:30	12,108	1488
17/03/2020	16/04/2020	CAT007: 0 - Nivel	58,707	0,25	06/04/2020 10:00	58,957	23/03/2020 12:30	7,74	1488
17/03/2020	16/04/2020	GENERAL75: 22 - Motor							0
Global		ESTACION PETROPOLIS: 0 - Nivel	Sum = 49,323 ( 45,66% )	0	18/03/2020 14:00	49,323	18/03/2020 13:30	12,109	1488
Global		CAT007: 0 - Nivel	Sum = 58,707 ( 54,34% )	0,25	06/04/2020 10:00	58,957	23/03/2020 12:30	7,74	1488
Global		GENERAL75: 22 - Motor							0
			Total = 108,03						

Figura 93: Archivo de informe. Autor: Orly Medina.

Exportación de graficas del nivel de petróleo

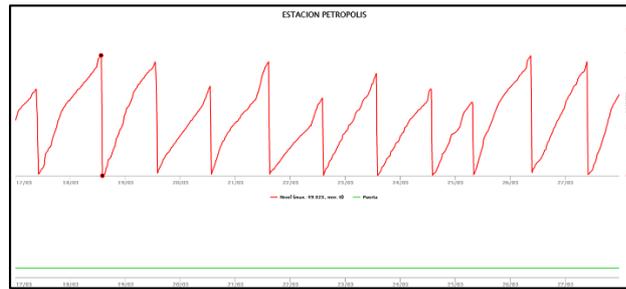


Figura 94: Gráfico del nivel de petróleo. Autor: Orly Medina.

Exportación de datos históricos

A	B	C	D
ESTACION PETROPOLIS		0,21	
Fecha/Hora	Motivo	Nivel	Puerta
22/01/2020 12:16	Tiempo	0	1
22/01/2020 12:30	Tiempo	0,051	1
22/01/2020 13:00	Tiempo	0	1
22/01/2020 13:30	Tiempo	0,051	1
22/01/2020 14:00	Tiempo	0,051	1
22/01/2020 14:30	Tiempo	0	1
22/01/2020 15:00	Tiempo	0	1
22/01/2020 15:30	Tiempo	0	1
22/01/2020 16:00	Tiempo	0	1
22/01/2020 16:30	Tiempo	0	1
22/01/2020 17:00	Tiempo	0,051	1
22/01/2020 17:30	Tiempo	0,154	1
22/01/2020 18:00	Tiempo	0	1
22/01/2020 18:30	Tiempo	0,154	1
22/01/2020 19:00	Tiempo	0	1
22/01/2020 19:30	Tiempo	0	1
22/01/2020 20:00	Tiempo	0	1
22/01/2020 20:30	Tiempo	0	1
22/01/2020 21:00	Tiempo	0	1
22/01/2020 21:30	Tiempo	0	1
22/01/2020 22:00	Tiempo	0,103	1

Figura 95: Archivos de datos históricos. Autor: Orly Medina.

### Anexo 3: Instalación de sistemas de monitoreo



Figura 96: Instalación del dispositivo en el tanque ANC1000. Autor: Orly Medina.



Figura 97: Instalación del dispositivo en el tanque MORRILLO15. Autor: Orly Medina.



Figura 98: Instalación del dispositivo en el tanque PETROPOILIS. Autor: Orly Medina.



Figura 99: Instalación del dispositivo en el tanque CAT007. Autor: Orly Medina.

#### **Anexo 4: Unidad de Bombeo Mecánico**



Figura 100: Foto del balancín de Pacifpetrol. Autor: Orly Medina.

## Anexo 5: Tanques de almacenamientos en el campo



Figura 101: Tanques de almacenamientos. Autor: Orly Medina.



Figura 102: Dispositivo de monitoreo. Autor: Orly Medina.

Anexo 6: Registro de control de producción de bombeo mecánico

	<b>CONTROL DE PRODUCCIÓN DE BOMBEO MECÁNICO</b>		<b>CODIGO: SGI - REGA - 11</b>		
	Version: 00	Vigencia desde: 25 - Mayo - 2019	Página: 01		
	Planta: Operador de BSI	Nombre: Tpq. de Producción	Acredit. Superintendente de Producción		

OPERARIO: <u>Patricio Valdez</u>		FECHA: <u>19.02.2020</u>		VELOCIDAD: <u>367</u>		ZONA: <u>Norte</u>					
HORA	ICM	PORT	REPOSICIONA PULS	REPOSICIONA PULS	PPM	OL (LBS)	ACUM (LBS)	TOTAL (LBS)	OTROSA (LBS)	LENGUA (LBS)	OBSERVACIONES
16:28		Corri 40	33			8,5	2,5	11			Hidrote, b fijo in
16:55		Corri 9	15	6		2	1	7			Carreta's port 12
17:04		Corri 16	13	3		5	1	6			Carreta's port 13
17:09		Corri 23	6	3		3	3	6			Hidrote, b fijo in
17:17		Corri 27	11	0		4	0	4			Hidrote, b fijo in
17:45		Horillo 1	12	2		10	2	12			Hidrote, b fijo in
18:00		Horillo 15	7	2,5		5	2,5	7,5			Hidrote, b fijo in
18:13		Horillo 17									TANQUE 600 LBS
18:22		Horillo 5	4	1		3	1	4			Hidrote, b fijo in
18:42		ACH 49	21,5			8,17	0	8,17			Hidrote, b fijo in
18:55		ACH 85									B. fijo hidrote in
19:30		ACH 83									B. fijo hidrote in
19:42		ACH 22									B. fijo hidrote in
19:50		2235									Port 26 hidrote in
20:18		228									Porta quemado operario
20:24		228									Port 5 hidrote in
20:29		CA 7	28	8		20	8	28			Hidrote general
20:35		1002	32	26		3	13	16			hidrote 228
21:00		hidropolis	33	11		22	11	33			Port 15 in general
21:00			18	12		3	12	15			Hidrote general
22:00		105									B. fijo hidrote in
23:00		106									aceite in
24:00		113									Port 7 hidrote in
25:00		120									B. fijo hidrote in
26:00		101									B. fijo hidrote in
27:00		121									B. fijo hidrote in
28:00		Almargo									Almargo
28:15		1001	10	3		20	8	28			Hidrote, b fijo in
28:16		1004									B. fijo hidrote in
28:19		228									Port 10 hidrote in
28:29		226									Port 12 hidrote in
28:30		1001									B. fijo hidrote in
28:44		VALP 7									Port 12 quemado operario
28:53		25									B. fijo hidrote in
29:10		25									B. fijo hidrote in
29:46		247									B. fijo hidrote in

OBSERVACIONES

Port 2 a prueba: 228 = 3 + 13

Port 12 = 3 + 12

VALP 7 balanceados al cambio de sistema de alarma

Entrapagos con liquido 1001 228, VALP 7

Port 5 falta colocar sistema stop left.

PRODUCCIÓN TOTAL		
VALOR	OL (LBS)	ACUM (LBS)
1	2,77	
2	26,75	
3	46,46	
TOTAL	125,98	

## Anexo 7: Mapas de coberturas CNT, Movistar y Claro

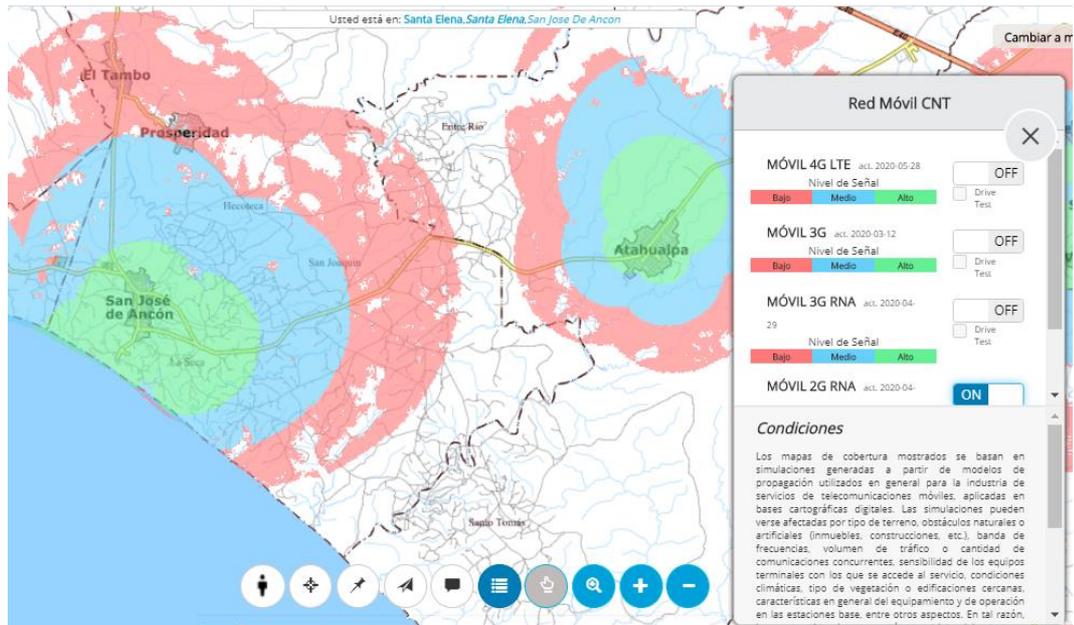


Figura 103: Cobertura 2G CNT, Santa Elena [36].

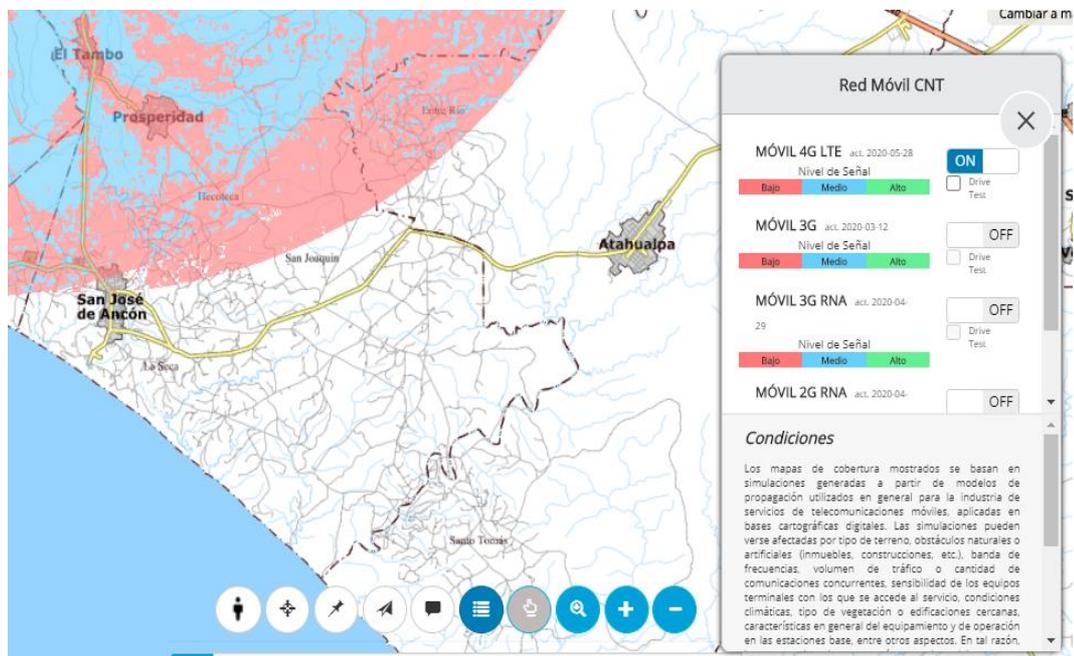


Figura 104: Cobertura 4G CNT, Santa Elena [36].



Figura 105: Cobertura 2G Movistar, Santa Elena [37].

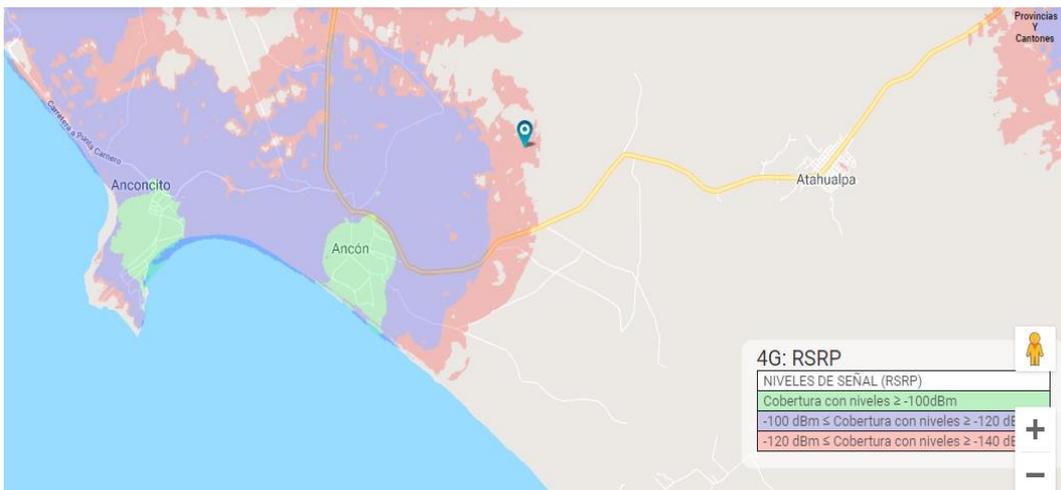


Figura 106: Cobertura 4G Movistar, Santa Elena [37].

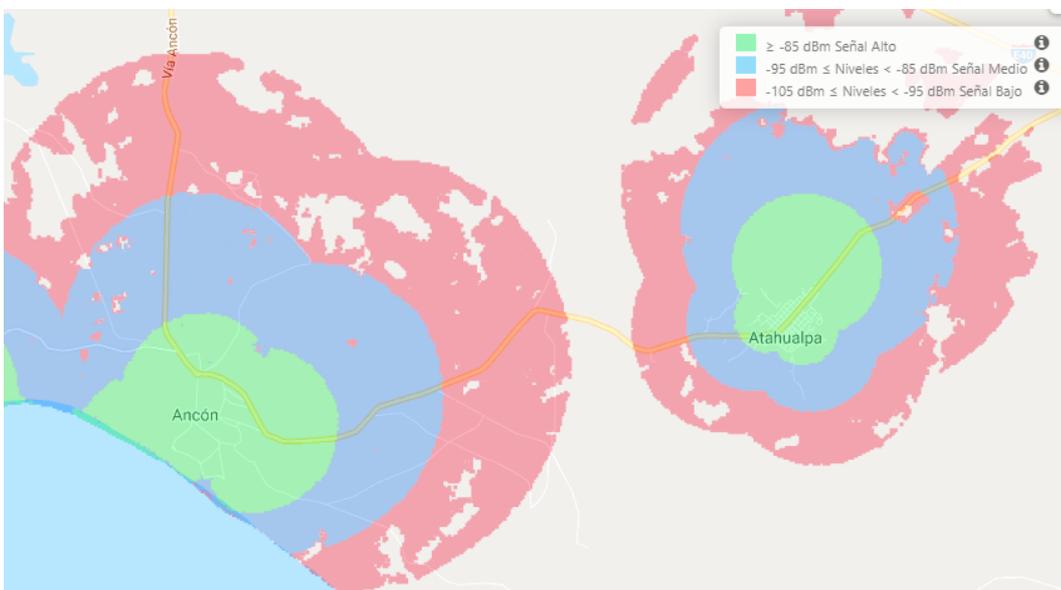


Figura 107: Cobertura 2G Claro, Santa Elena [38].

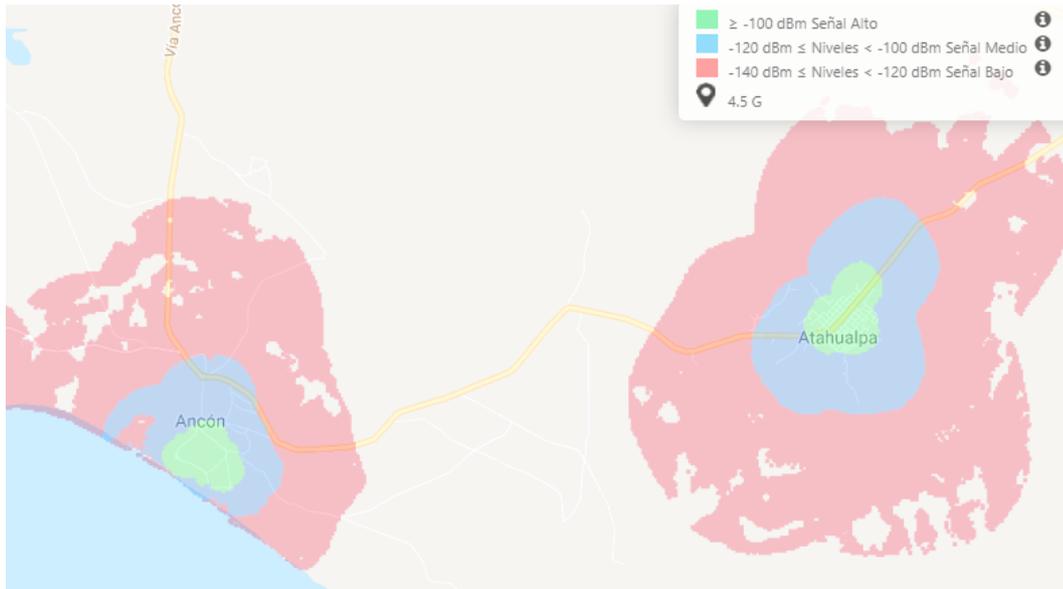


Figura 108: Cobertura 4G Claro, Santa Elena [38].

Operador	Propietario	Servicios	Tecnología y espectro	% de mercado
Claro	América Móvil	Telefonía y Banda Ancha Móvil	850MHz–1900MHz GSM; 850MHz–1900MHz UMTE/HSPA; 1700/2100 MHz LTE	52,3
CNT	Estado de Ecuador	Telefonía y Banda Ancha Móvil	1900 MHz GSM; 1900 MHz UMTS / HSPA; LTE 1700/2100MHz 700MHz	18,0
Movistar	Telefónica	Telefonía y Banda Ancha Móvil	850MHz–1900MHz GSM; 850MHz–1900MHz UMTE/HSPA; 1900MHz LTE	29,7

Tabla 16: Tabla de tecnología y espectro [39].

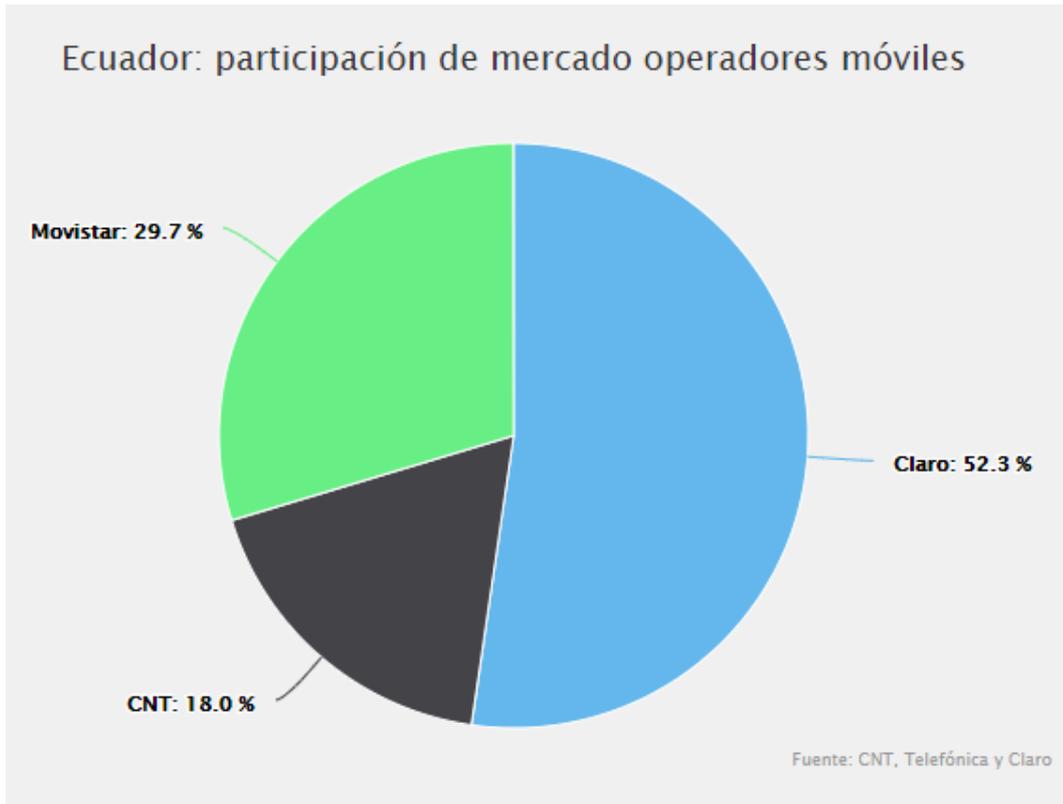


Figura 109: Operadora más utilizada [39].

### Anexo 8: Prueba de cobertura de la operadora Claro.

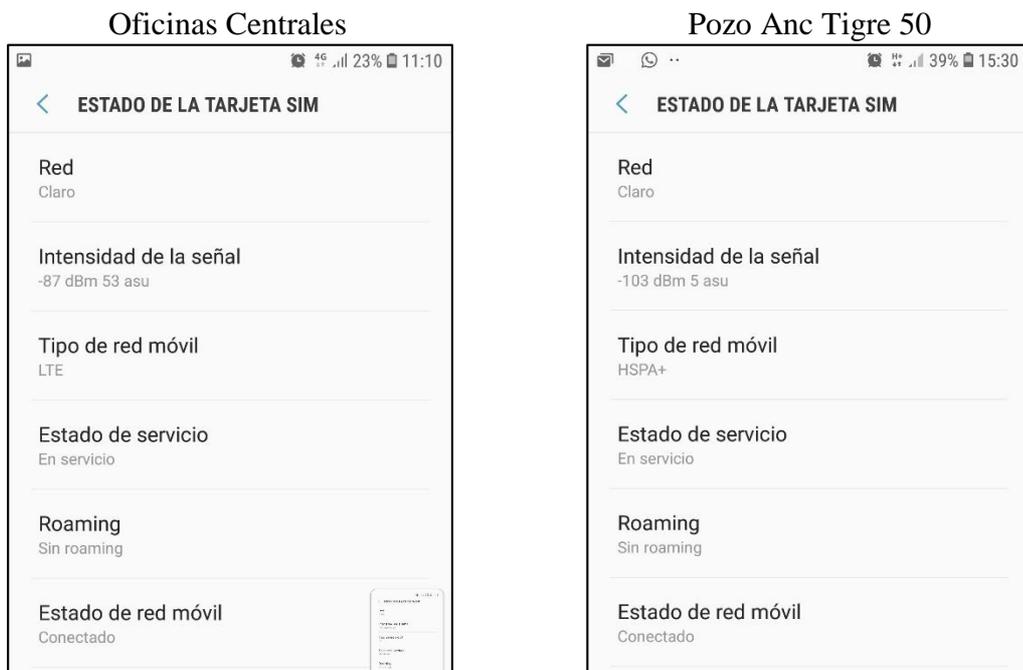


Figura 110: Prueba de intensidad de señal. Autor: Orly Medina.

## Anexo 9: Base de datos del sistema

Configuración de las Bases de Datos

SQLite

MySQL

SQL Server

Ruta de las bases de datos:  
C:\Interak\AppData\Roaming\Micracom\Zeus  
Cambiar

Cadaucidad de las alarmas: 0 meses  
Cadaucidad de los históricos: 0 meses  
Tarea borrado diariamente a las: 03:07 h

Recomendamos realizar mantenimiento periódicamente para regenerar los índices a se establece cadaucidad.

Realizar un mantenimiento programado:  
nunca a las 15:00 h

Mantenimiento de las Bases de Datos

Aplicar

Figura 111: Diferente base de datos de Zeus. Autor: Orly Medina.