

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingenieros Electrónicos**

**TEMA:
AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO DE
CONSUMO DE LOS GASES MEDICINALES EN EL HOSPITAL CARLOS
ANDRADE MARÍN IESS**

**AUTORES:
JOSÉ RICARDO LANCHIMBA TENEMAZA
JOSÉ GONZALO TACO VALDIVIEZO**

**TUTOR:
ANÍBAL ROBERTO PÉREZ CHECA**

Quito, octubre del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros José Ricardo Lanchimba Tenemaza con documento de identificación No. 1719694059 y José Gonzalo Taco Valdiviezo con documento de identificación No. 1720671088, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO DEL CONSUMO DE LOS GASES MEDICINALES EN EL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CARLOS ANDRADE MARÍN IESS”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

José Ricardo Lanchimba Tenemaza
C.I. 1719694059

José Gonzalo Taco Valdiviezo
C.I. 1720671088

Quito, octubre del 2018.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación, “AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO DEL CONSUMO DE LOS GASES MEDICINALES EN EL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CARLOS ANDRADE MARÍN IESS”, realizado por José Ricardo Lanchimba Tenemaza y José Gonzalo Taco Valdiviezo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, octubre del 2018.



Aníbal Roberto Pérez Checa

C.I. 1711423440

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Titulación, primeramente, a Dios quien fue el que me permitió culminar con éxito esta hermosa etapa de mi vida.

Gracias a Dios por mi hijo Martín, ese hijo que más que el motor de mi vida fue parte muy importante de lo que hoy puedo presentar como Trabajo de Titulación, por estar en mi pensamiento cada día, mi sustento en las caídas y mi razón de vivir; por ser la garantía de mi felicidad.

Gracias a mis padres Gonzalo y Yoly por ser ese excelente ejemplo y pilar fundamental en todo lo que soy, porque han confiado en mí, fortaleciendo mi mente y corazón. A mis hermanas María y Mercedes por acompañarme y brindarme su apoyo incondicional y a mi amada novia Diana, por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para superarme y no desmayar en el camino, tanto profesional como personal, por ser mi motivación en mi vida encaminada al éxito, por ser el ingrediente perfecto para culminar esta etapa de mi vida... ¡Te amo!

Gracias a mis amigos Pato, Fernando, Diego, Juan por brindarme su amistad y su apoyo cuando siempre lo he necesitado... Los quiero mucho.

José Gonzalo Taco Valdiviezo

DEDICATORIA

A mi Padre:

Rosalino, quien con su apoyo incondicional y sus enseñanzas de responsabilidad y trabajo duro me motivo a seguir y a cumplir con mis objetivos y metas propuestas.

A mi Madre:

María, quien fue tan comprensiva, paciente y amorosa en los momentos en que más la necesitaba. Su constante confianza en mí y en mis capacidades me motivaron para no darme por vencido nunca.

A mis Hermanos:

Rosa, Verónica y Carlos, por sus consejos y ayuda incondicional en todo el trascurso de mi carrera estudiantil.

A mi Esposa:

Paulina, quien ha sido un apoyo muy importante para culminar este proceso.

De igual manera un agradecimiento especial a quien fue nuestra guía en el presente Trabajo de Titulación, Ingeniero Aníbal Roberto Pérez Checa, MsC.

José Ricardo Lanchimba Tenemaza

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por su infinita bondad y misericordia; a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica quienes contribuyeron para que nosotros alcancemos “excelencia humana y académica”; al personal administrativo del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”; en especial, a la Arquitecta Stephani Barzallo Grunauer. Un agradecimiento especial al Ingeniero Aníbal Roberto Pérez, Tutor del presente Trabajo de Titulación; y, un profundo agradecimiento a cada uno de los miembros de nuestras queridas familias.

José Ricardo y José Gonzalo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Tema	2
1.5 Beneficiarios de la Propuesta	2
CAPÍTULO 2	3
MARCO CONCEPTUAL	3
2.1 Caracterización	3
2.2 Sistema de Gases Médicos (SGM)	11
2.3 Sistema de Distribución	12
2.4 Gases Médicos	12
2.5 Oxígeno Medicinal	13
2.6 Óxido Nitroso	13
2.7 Dióxido de Carbono	14
2.8 Sistema de Tuberías	15
2.9 Normas Aplicadas en Instalaciones para el cuidado de la salud	15
2.10 Normas NFPA 99	16
2.11 Flujo Másico	17

2.12 Principio de Coriolis	17
2.13 Base de Datos (BD)	19
2.14 Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD).....	19
CAPÍTULO 3	21
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AUTOMÁTICO DE GASES MEDICINALES	21
3.1 Introducción	21
3.2 Descripción del Estado Actual del Sistema Gases Medicinales	21
3.3 Diagrama de la Propuesta del Diseño	22
3.4 Trasmisor de Caudal para Oxígeno Medicinal (O ₂).....	24
3.5 Trasmisor de Caudal para Dióxido de Carbono (CO ₂)	27
3.6 Trasmisor de Presión de Óxido Nitroso (N ₂ O).....	29
3.7 Administrador Gráfico de Datos Universal	32
3.8 Implementación del Diseño	33
3.9 Equipos a Utilizar	34
3.10 Implementación Mecánica y Procesos de Soldaduras	36
3.11 Implementación Eléctrica	39
Para la instalación de los conductores en las tuberías se tomará en cuenta:.....	39
3.12 Interface /Sistema de Monitorización en PC	39
3.13 Ubicación de los Equipos de Instrumentación.....	42
CAPÍTULO 4	44
PRUEBAS Y RESULTADOS	44
4.1 Introducción	44
4.2 Resultados	44
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Planos del área de Gases Medicinales del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”	4
Figura 2.2 Planos del área de Gases Medicinales del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”	5
Figura 2.3 Planos del área de Gases Medicinales del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”	6
Figura 2.4 Representación del conjunto de componentes del sistema de gases médicos	12
Figura 2.5 Sistema de Suministro con Tanque Criogénico	13
Figura 2.6 Cilindro de color azul para envasar Óxido Nitroso.....	14
Figura 2.7 Cilindro de color gris para envasar Dióxido de Carbono.....	14
Figura 2.8 Flujometro másico tipo Coriolis.....	18
Figura 2.9 Ondas sinusoidales generadas por las bobinas colectoras de entrada y salida	18
Figura 2.10 Ondas sinusoidales desfasadas por el efecto Coriolis	19
Figura 2.11 Esquema de un Sistema de Gestión de Base de datos.....	20
Figura 3.1 Diagrama de la propuesta de diseño	22
Figura 3.2 Transmisor más Sensor Caudalímetro Promass F300 tipo Coriolis.....	27
Figura 3.3 Transmisor más Sensor Caudalímetro Promass F300 tipo Coriolis.....	29
Figura 3.4 Administrador Grafico de Datos Universal.....	32
Figura 3.5 Registrador de datos	33
Figura 3.6 Instalación Mecánica con los Técnicos.....	36
Figura 3.7 Instalación Mecánica con los Técnicos.....	37
Figura 3.8 Sensor de Óxido Nitroso Instalado	38
Figura 3.9 Registrador de datos Ecograph T RS G 35	40
Figura 3.10 Registrador de Datos Clave de Acceso	41
Figura 3.11 Interfaz gráfica de transmisores de caudal y presión en el Software Fiel Data Manager	42
Figura 4.1 Sensor de Presión de Óxido Nitroso	47
Figura 4.2 Correo de realización del pedido del Dióxido de Carbono	49
Figura 4.3 Nota de Entrega del Oxígeno Medicinal.....	51
Figura 4.4 Registrador del Consumo de Oxígeno Medicinal	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Descripción de Componentes del sistema de Distribución de los Gases Medicinales.....	7
Tabla 3.1 Tecnología de medición de flujos, descripción y características.	23
Tabla 3.2 Tabla de datos principales para el dimensionamiento del sensor.....	25
Tabla 3.3 Características para la elección del sensor.	26
Tabla 3.4 Tabla de datos principales para el dimensionamiento del sensor.....	28
Tabla 3.5 Características del sensor.	29
Tabla 3.6 Tabla de datos principales para el dimensionamiento del sensor.....	31
Tabla 3.7 Características del sensor	31
Tabla 3.8 Características del Registrador de Datos	33
Tabla 3.9 Marca y Equipos Elegidos para la Implementación	34
Tabla 3.10 Ubicación de la Instrumentación	43
Tabla 4.1 Tabla de Datos de Registro de presión Óxido Nitroso.....	45
Tabla 4.2 Pre factura Enviada al correo del Área de Gases Medicinales.....	46
Tabla 4.3 Registro de Consumo del Dióxido de Carbono.....	48
Tabla 4.4 Registro de Datos del Sensor de Oxígeno Medicinal.....	50

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó la caracterización del área de gases medicinales en el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín” en la cual se determinó que los componentes del mismo no permiten tener un registro y almacenamiento adecuado de los datos de consumo de los gases medicinales.

Se determinó en base a experiencias, normas y criterios el diseño para un sistema de monitoreo y registro, para el oxígeno y el dióxido de carbono que se realizó la medición de flujo másico y en caso del óxido nitroso se determinó que por ser muy poco utilizado se registrar la presión en la línea principal del mismo.

Para la medición de flujo másico se utilizó la tecnología de tipo coriolis y se identificó los materiales que son compatibles con cada uno de los gases medicinales para las partes que entran en contacto con el gas. Para el registro y visualización de los datos se utilizó el Software Field Data Manager mismo que me permite observar los datos diariamente, mensualmente y anualmente.

Con el sistema de monitoreo y registro se realizó un contraste de información entre los datos de las guías del área de mantenimiento y el sistema de monitoreo y registro, estableciéndose que existe una diferencia entre dos fuentes de información de un 2,89% en el oxígeno, se sobreentiende que esta diferencia es debido a lo obsoleto de la forma de cuantización por parte del proveedor. Para los otros gases se requirió de más tiempo de estudio para lograr una conclusión.

ABSTRACT

In the present project the characterization of the area of medicinal gases in the Hospital of Specialties Carlos Andrade Marin was carried out in which it was determined that the components of the same do not allow to have an adequate record and storage of the consumption data of the medicinal gases.

The design for a monitoring and recording system was determined based on experiences, standards and criteria, for the oxygen and carbon dioxide that the mass flow measurement was carried out and in the case of nitrous oxide, it was determined that because it was very little used the pressure in the main line of the same is registered.

For the mass flow measurement, the Coriolis type technology was used and the materials that are compatible with each of the medicinal gases for the parts that come into contact with the gas were identified. For the recording and visualization of the data, the Field Data Manager Software was used, which allows me to observe the data daily, monthly and annually.

With the monitoring and registration system, a contrast of information will be made between the data from the maintenance area guides and the monitoring and registration system, establishing that there is a difference between two sources of information of 2.89% in oxygen, it is understood that this difference is due to the obsolete form of quantization by the supplier. For the other gases, more study time will be required to reach a conclusion.

INTRODUCCIÓN

El Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín” cuenta con la Central de Gases Medicinales, Central de Vacío y Red de tuberías que recorren por la red de tuberías. Dentro de la Central de Gases Medicinales se encuentran los abastecedores de Oxígeno, Dióxido de Carbono y Óxido Nitroso en los cuales no se tiene un control de consumo. Por lo tanto el presente proyecto se refiere exclusivamente a la Automatización de un Sistema de Monitoreo y Registro del Consumo de los Gases Medicinales en el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín” IESS.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario la elaboración de los siguientes capítulos:

En el Capítulo 1 se detalla el planteamiento al problema, justificación, objetivo principal como secundarios y que beneficio cuenta el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín” con la implementación del proyecto.

En el Capítulo 2 se realiza una caracterización de equipos que serán utilizados, se verifica el sistema de gases medicinales junto a su distribución. Las Normas NFPA 99, flujo másico, principio de Coriolis y Sistema de Gestión de base de datos.

En el Capítulo 3 se describe el diseño de la propuesta de sistema de monitoreo y registro del consumo de los gases medicinales. También se detalla la implementación, mecánica, eléctrica y electrónica para el proyecto propuesto.

En el Capítulo 4 se compara los resultados obtenidos mediante la interfaz gráfica de transmisores de caudal y presión en el Software Fiel Data Manager y la cantidad a facturar en kilogramos detalladas en las guías de entrega de oxígeno medicinal.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del Problema

El departamento de mantenimiento del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín” (IESS) se encuentra el área de distribución de gases medicinales, el cual consta de oxígeno medicinal, dióxido de carbono y óxido nitroso. El oxígeno medicinal consta de cinco tanques de abastecimiento con una capacidad de cada uno de 30 Kg, el óxido nitroso tiene dos tanques con una capacidad cada uno de 15 a 30 Kg y el dióxido de carbono consta de dos tanques con capacidad cada uno de 20 Kg. Una alarma nos dice cuál es el tanque que se está terminando y se procede al cambio sin verificar antes si en realidad está vacío en su totalidad, lo cual esto representa una pérdida de gases, si se realiza el cambio. El consumo de estos gases es diario y no se tiene un registro de cuantos tanques se consumen al día y por consiguiente cuantos tanques se cambiaron en su totalidad.

El sistema de distribución de gases medicinales consta de tres tuberías principales las cuales abastece a todo el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, estas tuberías no constan de un conteo total del gas que se está consumiendo al día, tampoco un lugar donde puedan visualizar el consumo de los gases, el porcentaje de los tanques en ese momento o una base de datos que permita acceder a un fecha en específico y ver el consumo que se realizó hasta ese momento.

1.2 Justificación

Actualmente el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, cuenta solo con un control de alarma temprana al momento que se termina uno de los tanques, no cuenta con una automatización del sistema de distribución de gases o un registro diario.

La automatización del sistema de distribución de gases permitirá garantizar una distribución continua y un registro del consumo, evitando perdidas de los tanques o un cambio antes de que se termine el tanque en su totalidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Automatizar el sistema de distribución de gases medicinales para el monitoreo y registro de los mismos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el sistema de distribución de gases medicinales para realizar el diseño del sistema.
- Realizar el marco teórico del sistema de distribución de gases medicinales para conocer las medidas de seguridad para el manejo de los diferentes gases y que materiales se pueden usar con cada gas medicinal.
- Diseñar un sistema automático para el monitoreo y registro del consumo de los gases medicinales.
- Implementar e instrumentar el sistema de distribución automático de gases medicinales para control del consumo y registro diario de los gases medicinales.
- Comprobar el funcionamiento del sistema de automatización de gases medicinales para verificar que los datos obtenidos por el sistema automático con una medición manual de los gases.

1.4 Tema

Automatización de un sistema de monitoreo y registro del consumo de los gases medicinales en el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín” IEES.

1.5 Beneficiarios de la Propuesta

El beneficio con la realización del proyecto es el para HECAM-IESS y todos sus afiliados que se atienden en el mismo. Al automatizar e instrumentar el sistema de distribución de gases que se encuentra en el área de mantenimiento, realizando un control continuo del consumo y registrando el cambio de los tanques de los gases medicinales según estos los requieran evitando el desabastecimiento de los gases.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1 Caracterización

Actualmente el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, cuenta con una Central de Gases Medicinales (Oxígeno Medicinal, Dióxido de Carbono, Óxido Nitroso) ubicado en el área de mantenimiento, los cuales son distribuidos en todo el Hospital por medio de un sistema de gases médicos la distribución para cada uno de los gases medicinales es a través de un sistema de red de tuberías adecuadas para cada tipo de gas medicinal:

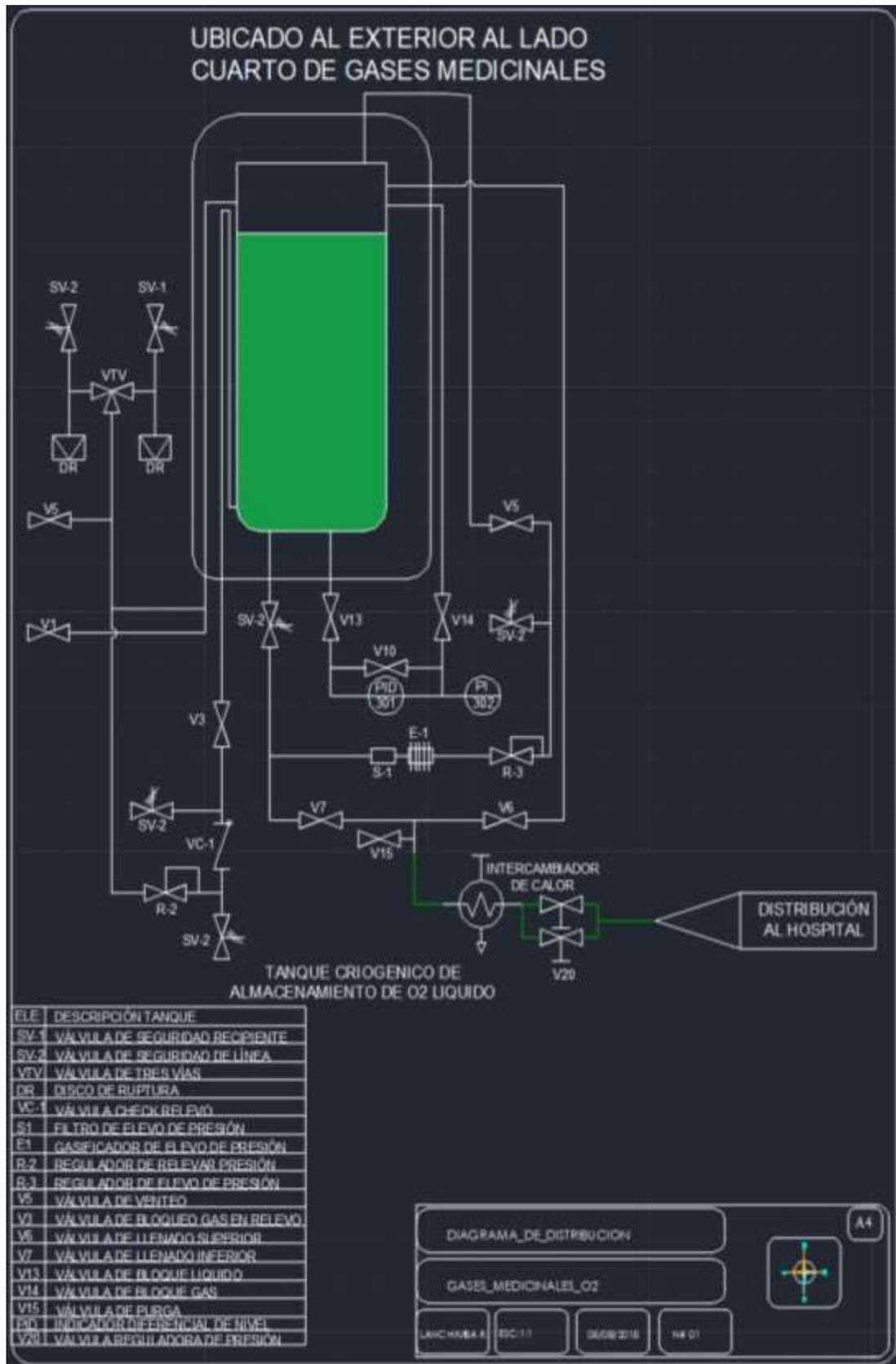
Para el Oxígeno Medicinal (O_2) la distribución se realiza por un tanque criogénico de capacidad total de 22000 Kg como se observa en la Figura 2.1; además cuenta con un sistema de respaldo formado por un segundo tanque criogénico de capacidad total de 9000 Kg conectados entres si por un sistema de red de tuberías que entran en funcionamiento si alguno de estos fallas.

El Dióxido de Carbono (CO_2) es abastecido por dos tanques de suministro, cada uno con una capacidad de 20 Kg los cuales son regulados por un manifold para su distribución dentro del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, como se observa en la Figura 2.2, estos tanques son entregados por una empresa autorizada que realiza el cambio según el consumo de los mismos.

El Óxido Nitroso (N_2O) es uno de los gases medicinales que por desarrollo de la ciencia y nuevos procedimientos implementados es poco utilizado, actualmente, en el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, este consta de dos tanques de distribución, cada uno con una capacidad de 30 Kg al igual que el CO_2 se realiza por medio de un *Manifold* para su abastecimiento como se observa en la Figura 2.3.

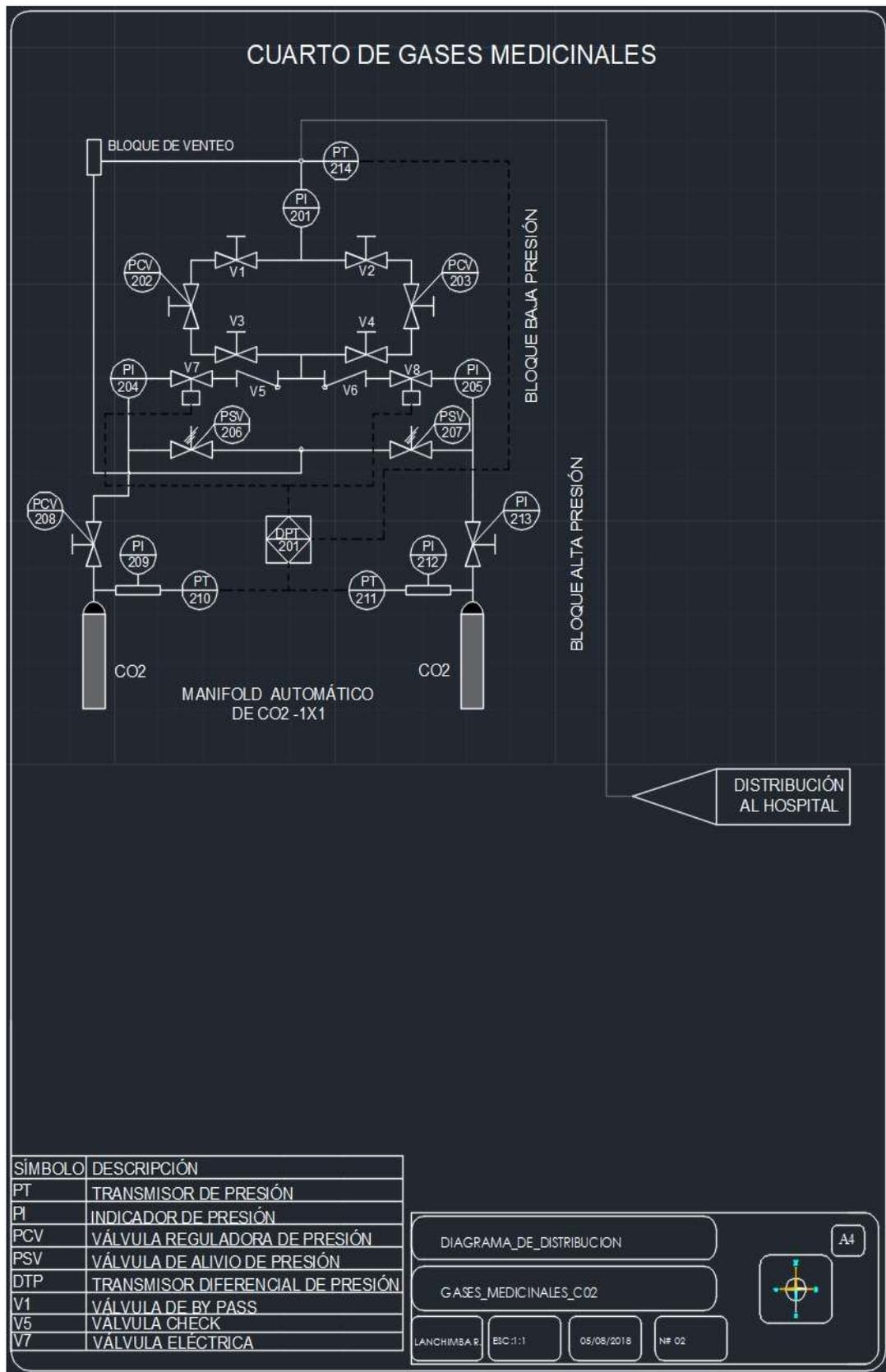
La distribución de estos tres gases médicos comienza a un lado del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, en el área de mantenimiento donde está ubicado un sector correctamente designado para el almacenamiento de estos tres gases medicinales según lo indican las Normas, Criterios y Estándares Internacionales que se exige para un manejo eficiente de estos gases.

Figura 2.1 Planos del área de Gases Medicinales del Hospital de Especialidades
 “Carlos Andrade Marín”



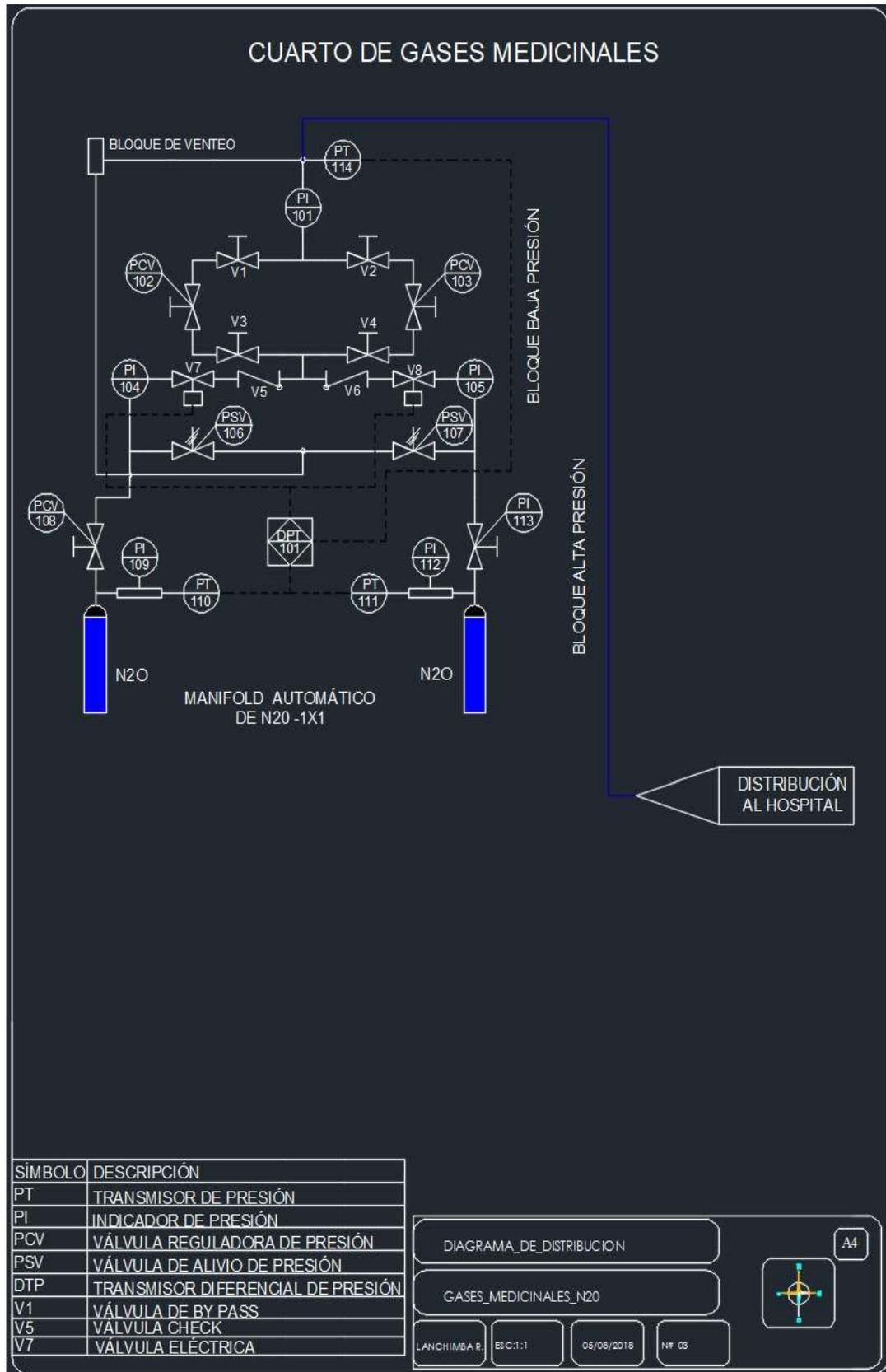
Elaborado por: José Lanchimba Y José Taco

Figura 2.2 Planos del área de Gases Medicinales del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”



Elaborador por: José Lanchimba Y José Taco

Figura 2.3 Planos del área de Gases Medicinales del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Los elementos principales que conforman el sistema de gases médicos (Oxígeno Medicinal, Dióxido de Carbono y Óxido Nitroso) se describen en la Tabla 2.1, para cada uno de los diferentes gases medicinales se utilizan elementos seguros y normados.

Tabla 2.1 Descripción de Componentes del sistema de Distribución de los Gases Medicinales

Elemento	Tipo	Descripción	Imagen
Manifold Oxido Nitrosos (N2O)	Manifold Automático"AR IGMED"	Manifold para gases medicinales configurado para el óxido nitroso, cumple con las Normas NFPA 99 National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendio), la presión de trabajo es de 3000 PSI, conformado por un sistema con 4 reguladores de presión, dispositivos de lectura digital, sistema de By-Pass, válvulas de alivio, válvulas anti-retroceso, permite conexión a alarmas de aviso, trabajo con cilindros de alta presión a gas.	
Manifold Dióxido de Carbono (CO2)	Manifold Automático"WE STERN-INNOVATOR"	Manifold para gases medicinales configurado para el dióxido de carbono, cumplen con la Norma NFPA 99 y demás requisitos de seguridad y de rendimiento, cuentan con control completamente automático, indicación de servicio "listo para usar" o "banco agotado", presión máxima de entrada de 3000 PSI, reguladores de lineal dual ajustables internos, válvula de alivio, válvula de retención y conexión con sistema de alarma.	
Etapas de baja Presión			
Componentes Principales de un	Transductor Digital de Baja Presión	Trasmisor de una señal digital de baja presión, su conexión es directa al sistema electrónico del Manifold	

Manifold Automático o para gas Medicinal	Regulador de Baja Presión	Regulador de baja presión de entrada o salida conforme al código NFPA 99 (50-55 PSI para todos los gases excepto el nitrógeno).	
	By-Pass de Válvulas	Regula la presión de trabajo de la línea conforme el código NFPA 99, la manipulación del by-pass es de forma manual.	
	Válvulas Check Anti-Retorno	Retiene la presión en un sentido de flujo, incluidas en los dos lados para contener la contra presión en el intercambio evitan que si hay alguna falla eléctrica o falla de las válvulas eléctricas permiten el intercambio de las bancadas de forma mecánica por diferencial de presión.	
	Manómetro Análogo de Baja Presión	Especifica la presión después de la regulación primaria.	
	Válvula Eléctrica Normalmente Abierta	Está gobernada por el sistema electrónico del Manifold, permite el paso de la presión en baja presión por cada bancada.	
	Válvula de Alivio	Conformado por válvulas de alivio interconectadas y dirigidas a un puerto de salida, libera presiones de trabajo de 150 PSI.	
	Etapas de alta Presión		
	Transductor Digital de alta Presión	Trasmisor de una señal digital de alta presión, su conexión es directa al sistema electrónico del Manifold	

	<p>Manómetro Análogo de Alta Presión</p>	<p>Indica la presión alta de la bancada correspondiente.</p>	
	<p>Regulador de Alta Presión</p>	<p>Admite directamente la presión de los cilindros de abastecimiento (2800-3000 PSI), la regulación de fábrica es 80-85 PSI para la salida a excepción de nitrógeno.</p>	
	<p>Bloqueo de Alta Presión</p>	<p>Admite la presión de trabajo de los cilindros de abastecimiento y las dirige al sistema del manifold, el bloque está fabricado para presiones de trabajo de 3000 PSI.</p>	
	<p>Tarjeta Electrónica</p>	<p>Permite un control y da una alerta visible del estado de los cilindros de abastecimiento (en uso, en espera y tanque vacío), también permite conectar una alarma remota por medio de sus salidas tipo relé.</p>	

<p>Tanque Criogénico de Oxígeno Medicinal (O₂)</p>	<p>Tanque Criogénico de oxígeno líquido Linde</p>	<p>Está formado por dos recubrimientos el interior es de acero inoxidable y el exterior puede ser de acero al carbono o acero inoxidable, se encuentra al medio un alto vacío que no permite el paso del calor del exterior al interior, lo que se logra con esto es mantener la baja temperatura y evitar algún problema si cambia la misma, el rango normal de presiones es de 2 a 14 BAR, cuenta con una indicación digital de la presión del tanque y un conjunto de válvulas que permiten la salida o abastecimiento del mismo ya sea en forma líquida o gaseosa.</p>	
<p>Tanque Criogénico de Oxígeno Medicinal (O₂)</p>	<p>Tanque Criogénico de oxígeno líquido Linde</p>	<p>Segundo tanque criogénico de oxígeno, entra en funcionamiento por algún desabastecimiento o falla en el tanque principal.</p>	
<p>Evaporador Aletado</p>	<p>Evaporador del tanque principal de O₂ líquido</p>	<p>El evaporador se encuentra cerca del tanque criogénico principal, su función es pasar el oxígeno medicinal de estado líquido a estado gaseoso, esto se logra debido a las propiedades termodinámicas de los gases, el cambio de presión está asociado a un cambio de estado.</p>	

Válvula Regulador de Presión	Válvula de presión	Son de materiales de acero inoxidable y cierres en teflón lo que le da mayor durabilidad y mayor resistencia de trabajo y su exterior puede ser cromado, este tipo de reguladores son utilizados para grandes caudales y están conformadas por un manómetro.	
Manómetro o de presión Diferencial	Manómetro de presión Diferencial de Nivel	Medición de tanques criogénicos (He, Ar, O ₂ , N ₂ , CO ₂) presurizados, destacan por su construcción compacta y robusta cuenta con un bloque de válvulas compacto con indicador de presión de servicio.	

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

2.2 Sistema de Gases Médicos (SGM)

El Sistema de Gases Médicos es conceptualizado como una instalación vital para un establecimiento de salud, ya que de estos dependen los pacientes según el área donde son atendidos, estas instalaciones son sumamente necesarias y primordiales para la atención en un hospital. Dada la importancia de los Sistema de Gases Médicos. (Girón, Mayo de 2012)

Los componentes del sistema son diseñados de acuerdo a Estándares, Normas y Criterios para garantizar la seguridad de las instalaciones y eficiencia al momento de suministrar los gases medicinales, con el fin de proteger la vida de las personas. El conjunto de todos los componentes que intervienen en un sistema de gases médicos se puede observar en la Figura 2.4. (Girón, Mayo de 2012)

Figura 2.4 Representación del conjunto de componentes del sistema de gases médicos



Fuente: (SEISAMED, 2015)

2.3 Sistema de Distribución

En el diseño de gases médicos, según la Norma NFPA 99, el sistema de distribución comprende: *manifolds*, tuberías, válvulas /controles, salidas /terminales, alarmas. Para el caso de diseño estrictamente de las tuberías se considera que existen tres clases generales de tubería:

- a) Línea principal: Aquellas tuberías que conectan la fuente (bombas, receptores etc.) a las elevaciones (riser o derivaciones) o ramales o ambas.
- b) Elevaciones (Risers): Las tuberías verticales que conectan la línea principal con las líneas ramales en los diferentes niveles de la instalación. El mismo concepto se utiliza si es un hospital horizontal; es decir, que este tipo de tubería conecta la línea principal con la línea ramal.
- c) Línea ramal (Lateral): Aquellas secciones o porciones de tuberías de vacío que sirven a un cuarto o grupo de cuartos de la misma instalación. (Girón, Mayo de 2012)

2.4 Gases Médicos

Están constituidos por uno o más componentes gaseosos, destinados a entrar en contacto directo con el organismo humano, Los más utilizados en el ámbito de la medicina son: (Romero, 2010)

2.5 Oxígeno Medicinal

Es un gas incoloro, inodoro, insípido y poco soluble en agua, puede suministrarse tanto en estado gaseoso como en estado líquido a baja temperatura. Para su uso en la medicina debe tener una pureza del 99.5% y estar libre de CO y CO₂. Es no inflamable pero reacciona violentamente con grasas y aceites, debido a esto existe Normas para su debida manipulación. En el ámbito hospitalario se utiliza en casi todos los servicios tales como urgencias, unidad de cuidados intensivos, hospitalización, quirófanos, etc. (Romero, 2010)

El oxígeno medicinal es envasado en tanques criogénicos de una capacidad máxima de 22000 kg, son de color blanco y deben ser almacenados en lugares ventilados alejados de gases combustibles. En la figura 2.5 se muestra el tanque criogénico.

Figura 2.5 Sistema de Suministro con Tanque Criogénico



Elaborador por: José Lanchimba y José Taco

2.6 Óxido Nitroso

Es un gas incoloro, inodoro y de sabor levemente dulce, es un gas licuado a temperatura ambiente y es comúnmente suministrado en cilindros de alta presión. Es utilizado conjuntamente con otros gases, como analgésico y anestésico. (INDURA S.A, 2015)

Este gas es envasado en cilindros 30 litros y son de color azul, deben ser almacenados lejos de gases inflamables. En la Figura 2.6 se muestra un cilindro de óxido nitroso.

Figura 2.6 Cilindro de color azul para envasar Óxido Nitroso



Fuente: (INDURA S.A, 2015)

2.7 Dióxido de Carbono

Un gas que en condiciones normales es incoloro e inodoro, con un sabor ligeramente picante. Para su uso médico debe tener una pureza del 99.5%. No es tóxico, ni combustible, ni comburente. Es utilizado para diagnóstico en endoscopia, laparoscopia y artroscopia para ampliar y estabilizar cavidades y tener mejor visualización del campo quirúrgico. (INDURA S.A, 2015)

Es envasado en cilindros de 20 litros de capacidad, son de color gris como se muestra en la Figura 2.7.

Figura 2.7 Cilindro de color gris para envasar Dióxido de Carbono



Fuente: (INDURA S.A, 2015)

2.8 Sistema de Tuberías

La red de tuberías es una parte esencial del sistema de distribución de gases medicinales ya que permiten conducir estos desde la central de suministro hasta el lugar de consumo de los mismos, dicha red comprende una principal que se subdivide en ramales secundarios que se dirigen a diferentes áreas dentro del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, esta red debe quedar protegida de factores como la corrosión, congelamiento, temperatura, presencia de humedad o impurezas y riesgos de incendio. Según Normas Internacionales NFPA 99 y CGA para la conducción de gases medicinales se recomienda la utilización de tuberías de cobre tipo K y L sin costura rígida ya que estas tienen en cuenta todas las características antes mencionadas. (MORENO, s.f.)

Para la identificación del tipo de gas medicinal que circula dentro del sistema de tuberías se utiliza un código de colores, como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Código de Colores en Tubería

GAS MEDICINAL	COLOR DE TUBERIA
Oxígeno Medicinal	Verde
Óxido Nitroso	Azul
Dióxido de Carbono	Gris

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

2.9 Normas Aplicadas en Instalaciones para el cuidado de la salud

Las Normas aplicadas a los sistemas de gases existentes en varios países sirven como una guía para las buenas prácticas en las instalaciones dedicadas al cuidado de la salud, a continuación se dan algunos ejemplos, la NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendio), OSHA: Occupational Safety and Health Administration (Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional), CSA: Canadian Standard Association (Asociación Canadiense de Estándares) y la EN: Normas Europeas. (CYRMAN, 2006)

2.10 Normas NFPA 99

La norma NFPA 99 es preparada por los comités técnicos especializados en administración, sistemas eléctricos, equipamiento eléctrico, Suministro de gases, diseño, seguridad, sistema de tuberías, etc. Los comités tienen la principal responsabilidad de salvaguardar la seguridad de los pacientes y el personal del centro de cuidado de la salud.

Ecuador se ha basado en la Norma NFPA99 para que los ingenieros y técnicos diseñen e instalen los sistemas de gases médicos, para así asegurar que los mismos tengan las condiciones de prevención de riesgo y las características en cuanto al uso de los materiales para el suministro de los gases médicos.

La Norma NFPA99, es el código para instalaciones para el cuidado de la salud en la cual trata sobre protección contra incendios, explosiones y amenazas eléctricas y amenazas relacionadas con el uso de equipamiento para gases médicos, artefactos médicos y electricidad de alta frecuencia, criterios seguros de operación, mantenimiento y pruebas para sistemas eléctricos y la utilización segura de instalaciones hiperbáricas.

El diseño y la seguridad dada por la aplicación de los estándares internacionales o fuentes de consulta de las diferentes Normas a nivel mundial, garantizan la confianza de los profesionales de la salud y genera un ahorro importante, ya que la instalación de sistemas más seguros reduce el tiempo de estadía de un paciente en la unidad de salud. (CYRMAN, 2006)

Los requerimientos a cumplir en las instalaciones eléctricas y cableados deben cumplir con la Norma NFPA70 (National Electrical Code o NEC), esta Norma se pretende que sea utilizada por quienes diseñen, instalen e inspeccionen instalaciones eléctricas. (Protection, 2015)

2.11 Flujo Másico

Primero se define al Flujo como una cantidad determinada de materia que pasa por un punto definido en un intervalo de tiempo establecido. En ingeniería medir el flujo másico en el interior de una tubería es muy complicado puesto que para conocer la masa se tiene que pesarla, para lo cual se desarrolló hace unas décadas el principio de Coriolis el cual permite conocer la masa de forma directa y continua del interior de tuberías. (Mabel Vaca, 1992)

El flujo másico se expresa en unidades de masa sobre el tiempo (Ton/hr, Kg/hr, lb/hr), y se puede encontrar por medio de la ecuación 2.1

$$W = Q * \rho \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

W= Flujo Másico (Ton/hr, Kg/hr, lb/hr)

Q= Flujo Volumétrico (BPD, GPM o LPS)

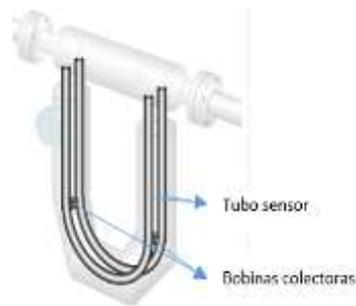
ρ = Densidad (lb/ft³ o kg/cm³)

2.12 Principio de Coriolis

El principio de Coriolis también denominado efecto de Coriolis desarrolla por el Francés Gaspar Gustave Coriolis en el año de 1835, es el efecto que ejerce la rotación de la tierra sobre los objetos que se mueven sobre su superficie. (Roca, 2007)

Para realizar la medición de la masa al interior de tuberías el flujometro másico tipo Coriolis consta de un tubo curvado y en su interior, un sensor que se compone de tubos a los extremos (entrada y salida) y de medidores electromagnéticos que miden el desfase de las ondas sinusoidales estos están compuestos por un magneto, unas bobinas colectoras (pick-offs coil) como puede observar en la Figura 2.8.

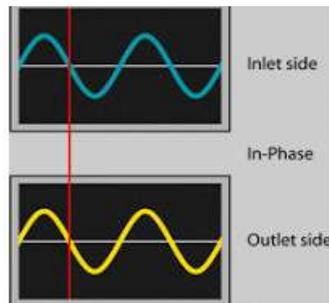
Figura 2.8 Flujometro másico tipo Coriolis



Fuente: (Roca, 2007)

Las bobinas colectoras generan un movimiento que produce un voltaje que crea ondas sinusoidales, al no haber presencia de flujo no ocurre el efecto Coriolis y estas ondas se encuentran en fase coincidiendo unas con otras como se muestra en la Figura 2.9.

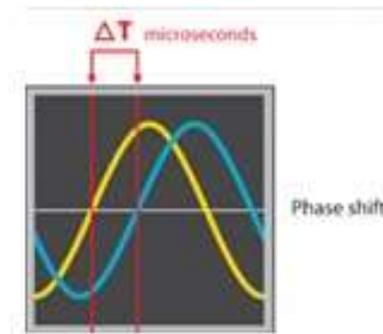
Figura 2.9 Ondas sinusoidales generadas por las bobinas colectoras de entrada y salida



Fuente: (Roca, 2007)

Cuando un fluido atraviesa el sensor, ocurre el efecto Coriolis que se opone al movimiento generado por las bobinas colectoras y este efecto produce que las ondas sinusoidales se desfasen permitiendo medir esta diferencia como se observa en la Figura 2.10.

Figura 2.10 Ondas sinusoidales desfasadas por el efecto Coriolis



Fuente: (Roca, 2007)

La base para la medición de la densidad es la relación entre la masa, rigidez y la frecuencia, el volumen del fluido en los tubos del medidor se mantiene constante, y el único cambio que se puede producir es en la densidad del fluido, debido a esto se puede conocer la densidad del producto que contiene, esto es directamente proporcional a la medición del período, ya que si la masa del fluido disminuye la frecuencia del sistema aumenta y si la masa de fluido aumenta la frecuencia del sistema disminuye.

2.13 Base de Datos (BD)

En la actualidad la mayoría de los datos obtenidos se ingresan en sistemas computarizados para agrupar la información según se requieran, se podría decir que una base de datos es un conjunto de información relacionada entre si y debidamente estructurada. (Fuentes, 2013)

2.14 Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD)

Es una aplicación que permite a los usuarios guardar e integrar información teniendo una independencia, además cuenta con mecanismos para la seguridad de los datos y permitiendo que la información sea presentada a los usuarios de manera que puedan ser interpretados por ellos, en la Figura 2.11 se observa un esquema de un sistema de gestión de base de datos.

Figura 2.11 Esquema de un Sistema de Gestión de Base de datos



Fuente: (Fuentes, 2013)

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AUTOMÁTICO DE GASES MEDICINALES

3.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla el diseño propuesto y su implementación para el registro automático del consumo de los gases medicinales que ocupa en el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, después de realizar la caracterización de los componentes del sistema medico de gases medicinales se tuvieron los datos para realizar el diseño e implementación según las Normas, Criterios y Estándares que rigen las instalaciones para el cuidado de la salud.

El diseño propone como primer componente una computadora en la cual se almacenan y visualizan los datos, el segundo componente es un registrador de datos el cual recolectará y procesará los datos enviados por los sensores ubicados en cada tubería principal de los gases medicinales, como siguiente paso se realizará la implementación del diseño siguiendo todas las Normas, procedimientos de seguridad a tener en cuenta en la intervención para colocar los sensores y la puesta en marcha de los mismos.

3.2 Descripción del Estado Actual del Sistema Gases Medicinales

El hospital cuenta con sistema de gases médicos conformado por el oxígeno medicinal, dióxido de carbono y el óxido nitroso los cuales tienen un sistema de red de tuberías que llegan a las distintas áreas del hospital.

El óxido nitroso y el dióxido de carbono se encuentran ubicados en un área designada para su almacenamiento y abastecimiento, estos son regulados por un *manifold*. En caso del oxígeno medicinal se encuentra ubicado a un costado del área de almacenamiento de los gases medicinales este consta de dos tanques criogénicos de almacenamiento, un principal de una capacidad de 22000 kilogramos y un secundario con una capacidad de 9000 kilogramos de almacenamiento es de respaldo, estos tanques criogénicos almacenan el oxígeno medicinal en estado líquido.

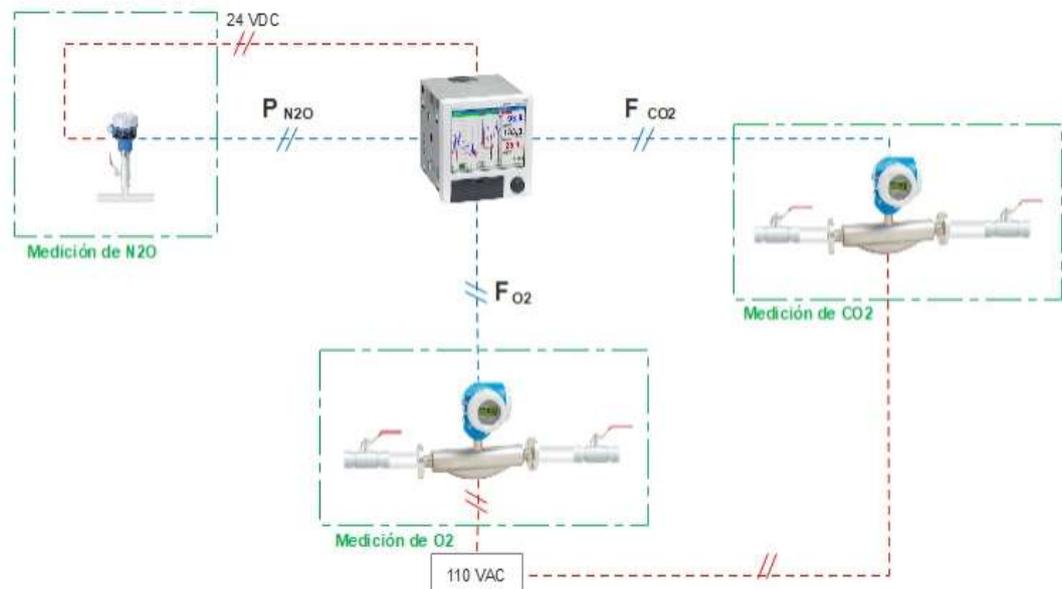
El abastecimiento de estos gases medicinales se realiza por medio de una empresa autorizada que en caso del CO₂ y N₂O se realiza en cilindros de una capacidad de 20 Kg y 30 Kg, para el O₂ se realiza por medio de tanqueros que abastecen el O₂ en estado líquido, todo estos se registran en una bitácora de forma manual según el consumo de los mismos.

3.3 Diagrama de la Propuesta del Diseño

El diseño se propone según la necesidad del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, por conocer el consumo total de los gases medicinales y registrarlos para acceder a los datos según sea requerido por los técnicos tomando en cuenta todas las Normas, conceptos y experiencias obtenidas.

La propuesta de diseño se muestra en la Figura 3.1 que está compuesto por la computadora que se encarga de almacenar y procesar los datos para presentarlos de una forma entendible para los técnicos encargados del área de gases medicinales, el registrador se encarga de recolectar los datos enviados por los sensores que se ubicarán en la tubería principal de cada gas medicinal.

Figura 3.1 Diagrama de la propuesta de diseño



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

En la Tabla 3.1 se observan las principales tecnologías que permiten medir gases y ciertas características a tomar en cuenta para la elección de la misma.

Tabla 3.1 Tecnología de medición de flujos, descripción y características.

Tecnología	Fluido	Descripción	Diámetro	Precisión	Costo
Coriolis	Líquidos, líquidos viscosos, vapores y gases	Alta exactitud en medición, calibración para gases nobles, no requiere mantenimiento por no tener partes móviles, fácil instalación y de alta resistencia por su construcción robusta.	3/8" a 10"	ALTA	ALTO
Rotámetros	Líquidos, vapores y gases	No requieren gran longitud de tuberías antes y después del medidor, su escala es casi lineal, son resistentes a fluidos corrosivos, son más utilizados en medición de pequeños fluidos	3/8" y 3/4"	MEDIA	MEDIO
Turbina	Líquidos limpios y gases	Se fundamenta en medir la velocidad que lleva el fluido cuando pasa por un área constante, la exactitud es elevada, su instalación debe ser donde no se vacíe totalmente cuando cesa el fluido.	1/2" a 36"	MEDIA	ALTO
Torbellino y Vortex	Líquidos, vapores y gases	Su mantenimiento es mínimo, se requiere una tubería recta con el medidor perfectamente alineado a la misma, no se recomienda para flujos bajos.	1/2" a 2"	MEDIA	ALTO

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

En general una de las Normas a revisar es la NFPA 99 que es un estándar para instalaciones de atención médica, poniendo énfasis en el Capítulo 4 que menciona sobre sistemas, circuitos, distribución e instalaciones eléctricas y el capítulo 8 que trata sobre los equipos eléctricos.

De igual manera se debe tomar en cuenta el Capítulo 7 sobre los materiales a utilizar o que entren en contacto con los equipos, puesto que uno de los gases medicinales a intervenir es el oxígeno medicinal, también se tendrá en cuenta el Capítulo 9 que

menciona sobre los equipos de gas, aplicabilidad, naturaleza de los peligros, almacenamiento y administración, etc.

Teniendo en cuenta Normas, Criterios y las experiencias obtenidas en el campo se procede con la elección del tipo de tecnología a aplicar en el diseño.

Tomando en cuenta la Tabla 3.1, la tecnología de tipo Coriolis es la adecuada para la aplicación que se requiere en la medición de los gases medicinales, puesto que tiene una alta precisión, su instalación no requiere tramos de tubería recta, la medición de flujo másico es directa, se puede calibrar para los gases medicinales requeridos y su construcción robusta absorbe las fuerzas externas que podrían interferir en su medición.

3.4 Trasmisor de Caudal para Oxígeno Medicinal (O₂)

La EIGA (Asociación Europea de Gases Industriales) de la cual es la IGC (Consejo de Gases Industriales) se puede revisar puntos específicos sobre el Oxígeno medicinal como es el documento IGC DOC 13/12/E, en el documento mencionado se observa criterios sobre el diseño, los materiales de servicio de oxígeno, la inflamabilidad del material, tubería válvulas y equipos, operación monitoreo y mantenimiento, etc. (EIGA, 2018)

Para realizar el dimensionamiento de flujo de O₂ utilizado en el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, se revisó los datos de la bitácora utilizada en el área de gases medicinales, el abastecimiento del mismo se realiza cada 11 a 15 días con un promedio de abastecimiento de 10000kg a 15000kg.

El promedio en un mes de consumo es de 20000 kg.

Por lo tanto:

$$20000\text{Kg/mes}$$

El promedio de consumo al día es de:

$$666,66\text{Kg/día}$$

El promedio de consumo en una hora es de:

27,77Kg/h

En la Tabla 3.2 se observan las condiciones de trabajo del oxígeno medicinal y la cual servirá para la elección de las características del sensor de oxígeno.

Tabla 3.2 Tabla de datos principales para el dimensionamiento del sensor

DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL OXÍGENO MEDICINAL	
DATOS DE PROCESO	
TEMPERATURA DEL FLUIDO:	20-25°C
PRESIÓN DE TRABAJO:	90-100PSI
UNIDADES DEL FLUIDO REQUERIDO:	Flujo Másico
RANGO DE MEDICION DE FLUJO PROMEDIO:	27.777Kg/h
DIAMETRO DE LA TUBERIA:	1 Pulgada
MATERIAL DE LA TUBERIA:	Tipo k
FLUIDO A MEDIR	
QUÉ FLUIDO ES:	Oxigeno Medicinal
ESTADO:	Gaseoso
QUÉ PORCENTAJE 0..100%:	99%
DENSIDAD DEL FLUIDO A CONDICIONES ACTUALES:	1.354Kg/m ³
MASA MOLAR:	31.998g/mol

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La tecnología y las características elegidas son de acuerdo a las condiciones de trabajo expuestas en la Tabla 3.2 y basado en el documento IGC DOC 13/12E, el cual se revisará sobre el tipo de material de construcción del sensor, seguridades a tener en cuenta para su instalación y factores en la selección como son la presión, temperatura y concentración de pureza del gas.

En el documento IGC DOC 13/12E, se encuentra varios materiales que se pueden utilizar en contacto con el O₂ y sus respectivas recomendaciones según sea el caso, el acero inoxidable es uno de estos materiales que se pueden utilizar y una de las Normas a tener en cuenta es que deben estar libres de grasas o aceites, las partes que entren en contacto con el O₂.

En la Tabla 3.3 se observa las características elegidas para el Trasmisor de caudal de oxígeno medicinal.

Tabla 3.3 Características para la elección del sensor.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Transmisor de caudal para O₂
	Tecnología coriolis
	Flujo de masa mínimo: 0 t/h
	Flujo de masa nominal: 1.6 t / h (59 lb / min)
	Flujo máximo de masa: 2.3 t / h (85 lb / min)
	Tamaño de conexión del proceso: DN 25/1"
	Presión: 100 psi
	Carcasa: adecuada para exteriores
	Conexión eléctrica: ½ "NPT
	Entrada / Salida: 4-20mA- HART
	Alimentación 100-230VAC/24 VDC
	Superficies en contacto con el producto: acero inoxidable
	Libre de grasa y aceite (Partes que están en contacto con el producto)

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La Figura 3.2 se observa el caudalímetros Promass F300 tipo Coriolis que cumple con las características mencionadas en la Tabla 3.3.

Figura 3.2 Transmisor más Sensor Caudalímetro Promass F300 tipo Coriolis



Fuente (Endress+Hauser, 1995)

3.5 Trasmisor de Caudal para Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono al igual que O₂ se aplica la documentación de la IGC DOC 120/14/E, en el mismo se encuentra sobre la definición, diseño, construcción, operación, monitoreo y material que entran en contacto con el gas. (EIGA, 2018)

El promedio de consumo de flujo de CO₂ utilizado en el Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, según la bitácora utilizada en el área de gases medicinales es de 80 kg al mes, pero se debe considerar que la utilización de este gas solo se realiza al momento que hay intervenciones quirúrgicas lo que puede variar el consumo del mismo en ciertos intervalos.

Por lo tanto:

80 Kg/mes

El promedio de consumo al día es de:

2,666 Kg/día

El promedio de consumo en una hora es de:

0,111 Kg/h

Las condiciones de trabajo del dióxido de carbono se observar en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Tabla de datos principales para el dimensionamiento del sensor

DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL DIÓXIDO DE CARBONO	
DATOS DE PROCESO	
TEMPERATURA DEL FLUIDO:	20-25°C
PRESIÓN DE TRABAJO:	50-60PSI
UNIDADES DEL FLUIDO REQUERIDO:	Flujo Másico
FLUJO PROMEDIO:	0.111Kg/h
DIAMETRO DE LA TUBERIA:	3/8 de Pulgada
MATERIAL DE LA TUBERIA:	Tipo k
FLUIDO A MEDIR	
QUÉ FLUIDO ES:	Dióxido de carbono
ESTADO:	Gaseoso
QUÉ PORCENTAJE 0..100%:	99%
DENSIDAD DEL FLUIDO A CONDICIONES ACTUALES:	1.86Kg/m ³
MASA MOLAR:	44.01g/mol

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La tecnología elegida para el transmisor de flujo de CO₂ es de tipo Coriolis, el tipo de material de las superficies que entren en contacto directo con el gas es de acero inoxidable como se indica en la Norma de la IGC DOC 120/14/E. El CO₂ es un gas 53% más pesado que el aire por lo que se recomienda su manipulación en lugares con ventilación, puesto que se puede acumular en lugares bajos y cerrados.

Las características que debe cumplir el equipo se observan en la siguiente Tabla 3.5.

La Figura 3.3 indica el transmisor de CO₂ que cumple con todas las características mostradas en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Características del sensor.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
2	Transmisor de caudal para CO₂
	Tipo coriolis
	Flujo mínimo: 0 t/h
	Flujo de masa nominal: 0.021 t / h (0.77 lb / min)
	Flujo máximo de masa: 0.04 t / h (1.5 lb / min)
	Tamaño de conexión del proceso: DN 08/ 3/8 "
	Salida: 4-20mA- HART
	Alimentación 100-230VAC/24 VDC
	Superficies en contacto con el producto: acero inoxidable
	Conexión eléctrica: ½ "NPT
	Carcasa: adecuada para exteriores

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Figura 3.3 Transmisor más Sensor Caudalímetro Promass F300 tipo Coriolis



Fuente (Endress+Hauser, 1995)

3.6 Trasmisor de Presión de Óxido Nitroso (N₂O)

El documento de la EIGA DOC 176/13 se refiere al N₂O el que permite revisar definición, seguridad, almacenamiento, tuberías, materiales para el servicio, etc. (EIGA, 2018)

Para el óxido nitroso se realiza el cálculo promedio de consumo en un mes, teniendo en cuenta que el dispendio de este gas medicinal es mínimo por motivos que actúa en

combinación con otros gases para tener un efecto superior, la utilización del mismo es según las operaciones que se programan con este método.

Por lo tanto:

25 Kg/mes

El promedio de consumo al día es de:

0,833 Kg/día

El promedio de consumo en una hora es de:

0,034 Kg/h

El flujo promedio de consumo en un mes de 25 kg y los cilindros de abastecimiento son de una capacidad de 30 kg, entonces al mes no se termina ni un cilindro de N₂O y para realizar una medida de flujo para el caudal de 0.034 Kg/h no se recomienda su utilización puesto que en la calibración de estos sensores se tomará en cuenta los flujos residuales que en un bajo caudal causarían una medida errónea significativa.

Puesto que el consumo del N₂O es escaso al mes y por pedido de los técnicos a cargo del área de mantenimiento del Hospital para el óxido nitroso no se utilizará un medidor de flujo, basado en los datos de condiciones de trabajo del gas medicinal y su dispendio poco utilizado se opta por un sensor de presión para la línea principal del gas. El sensor de presión proporcionará un registro al momento de un cambio de presión lo que a su vez permitirá conocer de alguna fuga en el sistema de red de tuberías.

En la Tabla 3.6 se observa los datos para el dimensionamiento del sensor de Óxido Nitroso.

Tabla 3.6 Tabla de datos principales para el dimensionamiento del sensor

DATOS PARA EL DIMENCIONAMIENTO DEL ÓXIDO NITROSO	
DATOS DE PROCESO	
TEMPERATURA DEL FLUIDO:	20-25°C
PRESIÓN DE TRABAJO:	40-60PSI
UNIDADES DEL FLUIDO REQUERIDO:	Flujo Másico
FLUJO PROMEDIO:	0.034Kg/h
DIÁMETRO DE LA TUBERIA:	1/2 Pulgada
MATERIAL DE LA TUBERIA:	Tipo k
FLUIDO A MEDIR	
QUÉ FLUIDO ES:	Óxido nitroso
ESTADO:	Gaseoso
QUÉ PORCENTAJE 0..100%:	99%
DENSIDAD DEL FLUIDO A CONDICIONES ACTUALES:	1.872Kg/m ³
MASA MOLAR:	44.013g/mol

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

En la Tabla 3.7 se proporciona los datos de las condiciones de trabajo del óxido nitroso.

Tabla 3.7 Características del sensor

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
3	Transmisor de presión para N2O
	Señal de salida: 4 a 20mA -HART
	Rango del sensor : 150 psi
	Conexión eléctrica: Rosca NPT ½
	Carcasa del amplificador: aluminio
	Proceso de conexión: ½ NPT macho
	Precisión de referencia : +/-0,15% o mejorada
	Indicador integral: indicador digital con la gama
	ajuste del interruptor
	Soporte de montaje: 316L

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

En la Figura 3.4 se observa el sensor de presión que cumple con las características indicadas en la Tabla 3.7.

Figura 3.4 Administrador Grafico de Datos Universal



Fuente (Endress+Hauser, 1995)

El sensor de presión tiene una precisión alta, puesto que permitirá registra variaciones pequeñas en la línea principal del Óxido Nitroso y adecuado para exteriores por motivo que en el área de gases medicinales al tener una alta ventilación están expuestos a partículas de polvo lo que podría producir algún fallo en el sensor.

3.7 Administrador Grafico de Datos Universal

La selección del registrador de datos se realiza tomando en cuenta la Norma ISO 11140 que especifica requisitos generales para los parámetros críticos de esterilización, además se debe de tener en cuenta la comunicación seleccionada en los tres sensores y la comunicación que permitirá extraer los datos.

Este registrador de datos permitirá recolectar los datos de medición del caudal de los tres sensores y adicionalmente almacenarlos de forma interna o externa en una tarjeta SD y presentar los datos de una forma fácil y entendible para los técnicos del área de gases medicinales del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”.

En la Tabla 3.8 se observa las características principales para el registrador de datos que permitirá recolectar los datos de medición de los sensores.

Tabla 3.8 Características del Registrador de Datos

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
4	Registrador de datos
	Señales de entrada: 4 (4-20mA/HART)
	Medios de almacenamiento: Memoria interna, Tarjeta SD, USB
	Pantalla Grafica a color
	Alimentación eléctrica: 100-230VAC/ 24DC
	Idioma de la pantalla – español o ingles
	Comunicación: Conexión Ethernet

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La Figura 3.5 se observa el registrador de datos que cumple con las características indicadas en la Tabla 3.8.

Figura 3.5 Registrador de datos



Fuente (Endress+Hauser, 1995)

3.8 Implementación del Diseño

A continuación se detalla la implementación mecánica, eléctrica y electrónica con sus respectivos procesos que se lleva a cabo en la automatización de un sistema de monitoreo y registro de consumo de los gases medicinales.

Las instalaciones de los sistemas y equipos serán realizadas de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes. Los detalles que se presentan en los planos de este proyecto son indicativos y deben ser verificados con los equipos y sistemas a instalarse.

3.9 Equipos a Utilizar

Se detalla en la Tabla 3.9 el listado de instrumentación con la marca y modelo elegidos para la implementación de la solución.

Tabla 3.9 Marca y Equipos Elegidos para la Implementación

DISPOSITIVO	MODELO	MARCA	SERIE
Transmisor de caudal para O ₂	PROMASS F 300	ENDRESS HAUSER	N71116020000
Transmisor de caudal para CO ₂	PROMASS F 300	ENDRESS HAUSER	N71117020000
Transmisor de presión para N ₂ O	CERABAR M PMP51	ENDRESS HAUSER	N70B4E01129
Registrador de datos	ECOGRAPH T RS G 35	ENDRESS HAUSER	N8040604428

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La instalación puesta a punto y el arranque de los equipos deberá ser realizada por técnicos especializados y autorizados por la empresa que se encuentra contratada para la distribución de estos gases medicinales dentro del hospital, los mismos que serán encargados de dar capacitación al personal técnico del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”.

La tubería para sistemas de gases medicinales debe ser tubería rígida de Cobre tipo K según ASTM B819 para suministro de gases. Los transmisores de caudal y presión deberán ser instalados en lo posible en lugares cerrados, para facilitar su mantenimiento y evitar los factores climáticos afecten a los equipos.

Todas las herramientas, tuberías, accesorios y demás elementos que se vayan a utilizar en las instalaciones, excepto los que han sido recibidos sellados y de acuerdo al fabricante están preparados para servicio con oxígeno, deberán limpiarse para eliminar

cualquier vestigio de grasa, aceite u otro material fácilmente oxidable, lavándolos con una solución caliente (80 grados centígrados) de carbonato de sodio o fosfato trisódico.

La herramienta a utilizarse en la instalación deberá ser la adecuada a cada caso, para evitar daños en las partes o contaminación.

En la Tabla 3.10 se indican el dispositivo y modelo a utilizar en la implementación.

DISPOSITIVO	IMAGEN
Transmisor de caudal para O2	 A stainless steel flow transmitter with a blue and white sensor head and a digital display.
Transmisor de caudal para CO2	 A stainless steel flow transmitter with a blue and white sensor head and a digital display.
Transmisor de presión para N2O	 A blue and white pressure transmitter with a stainless steel body and a digital display.
Registrador de datos	 A white data logger with a color LCD screen displaying graphs and numerical data.

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

3.10 Implementación Mecánica y Procesos de Soldaduras

La implementación mecánica se realizó con técnicos de la Empresa Linde, los cuales son certificados para este tipo de instalaciones puesto que si no se realiza de manera correcta puede poner en riesgo la vida de los pacientes del Hospital y de los técnicos del mismo.

En la Figura 3.6 se observa la instalación mecánica de transmisor de flujo de O₂ con los técnicos autorizados de la empresa Linde.

Figura 3.6 Instalación Mecánica con los Técnicos



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La intervención en la línea principal de Oxígeno medicinal y Dióxido de Carbono para la implementación de los transmisores de caudal se realizó la unión entre bridas, y la soldadura de las contra-bridas con el tubo de acero inoxidable se llevó a cabo la suelta bajo proceso TIG, proporcionando uniones limpias y de calidad de manera manual la varilla de aportación con el fin de aumentar la resistencia en la soldadura y evitar la aparición de porosidad, es decir; de bajo riesgo de inclusiones de escoria lo que simplifica la limpieza final.

La suelda de oxiacetilénica se empleó para unir el tubo de acero con bronce, con aporte de plata al 45%, para finalmente proceder a soldar el bronce con la línea principal de cobre con aporte de plata al 15% de los medidores de caudal másico de Oxígeno y Dióxido de Carbono. El sistema cumple al cien por ciento con los requerimientos de la Norma NFPA 99 versión 2005, totalmente libre de aceite.

Las uniones de tuberías y accesorios se realizarán con soldadura de plata al 15% y 45%, de bajo punto de fusión, con el fin de lograr una instalación estanca, no será aceptable la presencia de fugas en uniones ni accesorios. Los fundentes y sueldas comunes contienen materiales que pueden ser tóxicos al humano, por lo tanto no pueden ser utilizados en sistemas de gases medicinales. En la Figura 3.7 se observa la instalación mecánica del transmisor de CO₂ realizada por los técnicos autorizados.

Figura 3.7 Instalación Mecánica con los Técnicos



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La implementación del transmisor de presión del Óxido Nitroso se realizó mediante roscado en la línea principal, cerrando la válvula de paso debido al ínfimo consumo diario que se utiliza en el Hospital.

En la Figura 3.8 se observa el transmisor de presión de Óxido Nitroso instalado en la línea principal.

Figura 3.8 Sensor de Óxido Nitroso Instalado



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

El sistema implementado en la tubería Oxígeno incluye bypass y en el Dióxido de Carbono se encuentra conectado directamente en su línea principal; ambos por medio de tres válvulas de paso tal como lo indica en la Norma NFPA 99. Mientras se suelda la tubería de los gases medicinales hay que dejar fluir nitrógeno por el interior de las mismas para evitar oxidación interna en las tuberías.

De acuerdo con la Norma NFPA 99, una vez que se hayan instalado en las tuberías los medidores de caudal y presión en cada sección del sistema, debe ser ensayado el siguiente protocolo de prueba: Aplicar una presión de al menos 1,5 veces la presión de trabajo por medio de aire seco libre de grasa o nitrógeno (se recomienda 150 psi, máximo 200 psi).

Esta presión debe mantenerse hasta revisar cada unión del sistema con el uso de agua jabonosa. Si se encuentran fugas, la falla debe corregirse y se repite el procedimiento. Cuando todos los sistemas de tubería han sido probados, desconectar la fuente del gas

de chequeo y conectar la fuente propia de suministro del gas. Una vez terminada la instalación y ejecutadas las pruebas respectivas, se procederá a pintar e identificar las diferentes tuberías, de acuerdo al código que para el objeto establezca la dirección del proyecto.

3.11 Implementación Eléctrica

Para la instalación de los conductores en las tuberías se tomará en cuenta:

- Por ningún concepto se permitirán empalmes de conductores dentro de una tubería, todos los empalmes se efectuarán dentro de las cajas de conexión y de tal manera que se obtenga un buen contacto eléctrico y mecánico sea firme, por medio de conectores o entorches y los extremos libres de los conductores se cubrirán con un aislamiento equivalente al original de los conductores. (Association, 1996)
- Para las conexiones de los equipos utilizados, puesto que el hospital cuenta con los equipos de respaldo de energía eléctrica en caso de falla de las líneas de suministro principal y en especial el área de gases medicinales cuenta con un respaldo de fallo eléctrico, por tanto las conexiones de los equipos no requirieron un respaldo con baterías para los mismos. (Association, 1996)

3.12 Interface /Sistema de Monitorización en PC

La comunicación establecida entre los transmisores de caudal y presión se realizan con cable UTP (2 hilos). Para registrar los datos de cada medidor se utilizó el Ecograph T RS G 35, configurando las entradas analógicas o universales de la siguiente manera:

- Para la configuración del Ecograph T RS G 35 se ingresa por medio de la conexión de un teclado o a su vez de forma directa por medio de la perrilla que se encuentra a un costado del mismo, al presionarla levemente permitirá ingresar al menú principal y al girarla a la derecha o izquierda permite elegir la opción deseada, para confirmar la opción elegida se presiona nuevamente la perrilla.
- Para el consumo de Oxígeno se realiza la siguiente parametrización: se activa la entrada universal; señal - contador de impulso; tipo de impresión

- valor instantáneo + contador; base de tiempo - segundo; unidad de ingeniería - kilogramo; contador de impulso - 13kHz; valor de impulso - 1 kilogramo; inicio de zoom - 0 kilogramo; fin zoom - 1000 kilogramo; copiar ajuste - no.
- Para el consumo de Dióxido de Carbono se realiza la siguiente parametrización: se activa la entrada universal; señal - contador de impulso; tipo de impresión - valor instantáneo + contador; base de tiempo - segundo; unidad de ingeniería - gramo; contador de impulso - 13kHz; valor de impulso - 1 gramo; inicio de zoom - 0 gramo; fin zoom - 1000 gramo; copiar ajuste - no.
- Para el consumo de Óxido Nitroso se realiza la siguiente parametrización: se activa la entrada universal; señal - contador de impulso; tipo de impresión - valor instantáneo + contador; base de tiempo - segundo; unidad de ingeniería - gramo; contador de impulso - 13kHz; valor de impulso - 1 gramo; inicio de zoom - 0 gramo; fin zoom - 1000 gramo; copiar ajuste - no.

El consumo de los transmisores de caudal y presión de gases medicinales se puede visualizar en el registrador de datos Ecograph T RS G 35, como se muestra en la Figura 3.9.

Figura 3.9 Registrador de datos Ecograph T RS G 35



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Para realizar el sistema de monitoreo y registro del consumo de gases medicinales se utilizó el computador, donde se creó la interfaz mediante el software “ Fiel Data Manager MS20”, debido a la gama de herramientas que dicho software permite usar, entre esas se tiene el manejo de bases de datos mediante comunicación Ethernet generando una Dirección IP 172.016.003.005; Subnetmask 255.255.255.000; Gateway 172.016.003.001; Domain Name System (DNS) 003.003.003.003, activando el Servidor Web, así mismo se debe parametrizar el registrador de datos Ecograph T RS G 35.

El sistema debe de tener una seguridad inviolable evitando que personas ajenas al área de mantenimiento puedan realizar cambios en el sistema de registro de datos, es por esto que para el ingreso al menú principal-parametrización se pide primero una contraseña para acceder como se muestra en la Figura 3.10 esto es necesario por motivo que si se realiza algún cambio dentro de la parametrización como por ejemplo las unidades de medida el dato que se registre sería incorrecto.

Figura 3.10 Registrador de Datos Clave de Acceso

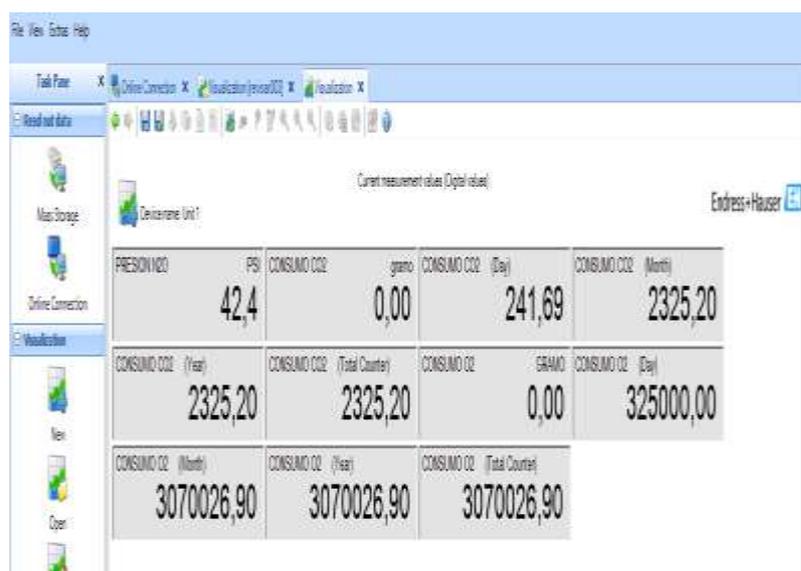


Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

La interfaz permite totalizar el consumo diario, mensual, anual e instantáneo de los transmisores de caudal del Oxígeno y Dióxido de Carbono; mientras que en el Óxido Nitroso se visualiza la estabilidad de presión que se tiene en la línea principal.

En la Figura 3.11 se puede observar en la primera fila la presión del N₂O, consumo diario, mensual, anual y el total de CO₂ en la siguiente y última fila tenemos el consumo diario, mensual, anual y total de O₂, se debe tener en cuenta que este es una de las varias forma de presentar los datos en tiempo real o ver datos de consumo anteriores.

Figura 3.11 Interfaz gráfica de transmisores de caudal y presión en el Software Fiel Data Manager



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

3.13 Ubicación de los Equipos de Instrumentación

La ubicación de la instrumentación se encuentran en la Central de Gases Medicinales debido al monitoreo y registro del consumo de Oxígeno, Dióxido de Carbono y Óxido Nitroso que deben realizar los operadores técnicos de mantenimiento encargados del área, como se muestran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Ubicación de la Instrumentación

DISPOSITIVO	UBICACIÓN
Trasmisor de Caudal O2	
Trasmisor de Caudal CO2	
Trasmisor de Presión N2O	
Registrador de Datos	

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Introducción

En el presente Capítulo se detalla los resultados de la automatización del monitoreo de los gases medicinales del área de mantenimiento, para el Oxígeno medicinal y el Dióxido de Carbono. Se almacena el consumo total diario, mensual y anual en caso del Óxido Nitroso al tener un bajo consumo se registra la presión en la línea principal indicando los cambios y teniendo en cuenta que se tiene una estabilidad de 40 a 50 PSI.

El monitoreo se realiza en tiempo real y se verificará la medición realizada por los sensores. Esta información se almacenan en la base de datos permitiendo a los técnicos encargados del área de gases medicinales ingresar en cualquier momento y comparar los datos por períodos de tiempo según lo requieran.

4.2 Resultados

En la Tabla 4.1 se muestra la medición de flujo realizada por el sensor de presión del Óxido Nitroso y registrados en la base de datos la que permite verificar la fecha de inicio de la medición, tiempo en la cual hubo algún cambio mínimo o máximo en la presión además se genera un promedio del cambio de la presión en todo el día.

Como se indica en la Tabla 4.1 los cambios de presión son mínimos y no se registra ninguna variación significativa que indicaría que se realizó el consumo o a su vez que existe alguna fuga en la red de tuberías del Óxido Nitroso, como se observa en el promedio de 42,6 PSI y no se detalla algún cambio que sobresalte en todo este registro de 15 días.

El área de gases medicinales específicamente en el Óxido Nitroso no se ha generado ningún cambio de cilindro de abastecimiento dentro del periodo de tiempo registrado en la Tabla 4.1, tampoco se generó la conmutación automática por medio del *manifold* de Óxido Nitroso.

Tabla 4.1 Tabla de Datos de Registro de presión Óxido Nitroso

REGISTRO DE PRESIÓN ÓXIDO NITROSO							
Fecha de Inicio	Tiempo Mínimo	Mínima (PSI)	Marca de Tiempo Mínima	Máximo (PSI)	Fecha Máxima	Marca de Tiempo Máxima	Promedio (PSI)
11/09/2018	11:38:31	42,2	11:38:31	42,9	11/09/2018	1:11:42	42,6
12/09/2018	12:41:01	42,2	12:41:01	42,7	12/09/2018	3:47:13	42,6
13/09/2018	14:26:05	42	14:26:05	42,8	13/09/2018	20:07:49	42,6
14/09/2018	14:45:41	42,4	14:45:41	42,7	14/09/2018	1:06:47	42,6
15/09/2018	12:40:13	42,1	12:40:13	42,8	15/09/2018	15:34:26	42,5
16/09/2018	13:10:40	42	13:10:40	42,7	16/09/2018	20:25:09	42,5
17/09/2018	12:00:23	41,9	12:00:23	42,9	17/09/2018	15:32:27	42,5
18/09/2018	12:40:07	42	12:40:07	42,7	18/09/2018	23:48:24	42,5
19/09/2018	14:29:50	41,9	14:29:50	42,7	19/09/2018	1:21:23	42,5
20/09/2018	12:04:04	42	12:04:04	42,8	20/09/2018	22:49:33	42,5
21/09/2018	12:15:17	42,1	12:15:17	42,8	21/09/2018	2:48:02	42,6
22/09/2018	14:10:45	42	14:10:45	42,8	22/09/2018	23:59:13	42,5
23/09/2018	13:29:26	42	13:29:26	42,8	23/09/2018	0:20:18	42,5
24/09/2018	13:22:41	42	13:22:41	42,8	24/09/2018	23:22:50	42,5
25/09/2018	15:10:02	42	15:10:02	42,8	25/09/2018	0:02:59	42,5

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Se puede realizar una comparación del poco consumo que existe en este gas medicinal con la pre-factura del mes de agosto que genera la Empresa Linde, indicado que no se realizó ningún pedido de los cilindros de abastecimiento del Óxido Nitroso como se observa en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Pre-factura Enviada al correo del Área de Gases Medicinales

PRE-FACTURA							
CONSUMOS GASES MEDICINALES desde el 01 de Agosto al 31 de Agosto del 2018							
Ítem	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO	UNIDAD MEDIDA	CANT. CIL/TQ	CANT. A FACTURAR	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	OXÍGENO LÍQUIDO MEDICINAL		Kg	34195	34195	0,32	10942,4
2	OXÍGENO GAS MEDICINAL	10 m3	m3	147	1470	1,1	1617
3	OXÍGENO GAS MEDICINAL	8 m3	m3	39	312	1,1	343,2
4	OXÍGENO GAS MEDICINAL	0,42 m3	m3	0	0	1,1	0
5	OXÍGENO GAS MEDICINAL	4 m3	m3	0	0	1,1	0
6	OXÍGENO GAS MEDICINAL	1m3	m3	2	2	1,1	2,2
7	OXÍGENO GAS MEDICINAL	2 m3	m3	8	16	1,1	17,6
8	OXÍGENO GAS MEDICINAL	0,68 m3	m3	637	433,16	1,1	476,476
9	AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	7 m3	m3	11	77	1,42	109,34
10	DIÓXIDO DE CARBONO MEDICINAL	15 kg	kg	1	15	2	30
11	DIÓXIDO DE CARBONO MEDICINAL	20 kg	kg	3	60	2	120
12	NITRÓGENO LÍQUIDO TERMOS HH	KG	kg	0	0	1,5	0
TOTAL							13658,216
PRODUCTO QUE NO GRAVA IVA							

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

De igual forma en sensor de presión registra una presión estable de 42,4 PSI como se observa en la Figura 4.2.

Figura 4.1 Sensor de Presión de Óxido Nitroso



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

En la Tabla 4.3 se observan los datos de medición de flujo del sensor de Dióxido de Carbono y registrados en la base de datos de modo que indica la fecha de inicio de la medición, el tiempo de consumo, la hora en la que se generó el consumo, y, finalmente un total del consumo del gas medicinal.

Como se muestra en la Tabla 4.3 el sensor mide directamente en unidades de gramos esto más dependerá de las unidades que se configuran en el sensor y en el registrador, un ejemplo es el dato generado el 20 de septiembre del 2018 en el cual la hora de consumo fue a las 10:08:21 y un consumo de 695,25 gramos.

En la Tabla 4.3 también indica un totalizador el cual va sumando el consumo diario y presenta un total de consumo del 11 de septiembre del 2018 al 25 de septiembre del 2018 de 10907,8 gramos esto transformado a kilogramos da 10,90 Kg.

Tabla 4.3 Registro de Consumo del Dióxido de Carbono

REGISTRO DE CONSUMO DEL DIÓXIDO DE CARBONO						
Fecha	Máximo	Fecha Máxima	Marca de Tiempo Máxima	Promedio	Contador Diario (gramos)	Total Contador (gramos)
11/09/2018	0,05	11/09/2018	0:11:32	0,01	606,1	2689,61
12/09/2018	0,06	12/09/2018	10:03:15	0	287,37	2976,98
13/09/2018	0,05	13/09/2018	11:28:57	0	38,53	3015,51
14/09/2018	0,06	14/09/2018	10:06:28	0,01	1184,82	4200,33
15/09/2018	0,05	15/09/2018	7:54:14	0	337,41	4537,74
16/09/2018	0,05	16/09/2018	8:20:57	0	239,64	4777,38
17/09/2018	0,05	17/09/2018	8:07:18	0,01	1052,33	5829,71
18/09/2018	0,06	18/09/2018	9:11:14	0,01	559,76	6389,46
19/09/2018	0,05	19/09/2018	8:23:42	0,01	437,77	6827,23
20/09/2018	0,06	20/09/2018	10:08:21	0,01	695,25	7522,48
21/09/2018	0,05	21/09/2018	1:13:16	0,02	1438,26	8960,74
22/09/2018	0,05	22/09/2018	0:02:27	0	131,21	9091,95
23/09/2018	0,05	23/09/2018	4:43:00	0	142,52	9234,47
24/09/2018	0,06	24/09/2018	10:27:21	0,01	539,2	9773,67
25/09/2018	0,05	25/09/2018	8:26:27	0,01	1134,15	10907,8

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Se puede comparar el consumo del Dióxido de Carbono y el pedido realizado el 12 de septiembre del 2018 como se muestra en la Figura 4.2, el cilindro tiene una capacidad de 20 Kg tomando en cuenta que al momento del cambio del cilindro, no se vacía en su totalidad para evitar que si al momento se comienza a operar este se termine, por tal razón el total de consumo del cilindro es de unos 16 Kg y se realiza el cambio.

Figura 4.2 Correo de realización del pedido del Dióxido de Carbono



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

El promedio de consumo del Dióxido de Carbono en un mes es de 60 Kg como se indica en la Tabla 4.1 y el dato de consumo total registrado en la fecha del 11 de septiembre al 25 de septiembre del 2018 es de 10,90 Kg, eso quiere decir que se ha consumido la mitad del cilindro.

Teniendo en cuenta que hasta momento de la toma de datos no se ha realizado un nuevo pedido del cilindro de abastecimiento de Óxido Nitroso, se podría asumir que el valor de 10,90 Kg es correcto y esperar el momento del pedido de cambio para realizar una comparación precisa.

El consumo solo se realiza al momento de las intervenciones quirúrgicas las cuales varían mucho, por ejemplo: hay ciertos meses en que las intervenciones quirúrgicas aumentan y en otros casos no se registran operaciones todo esto dependerá de varios factores externos.

En la Tabla 4.4 se observa la medición de flujo del sensor de Oxígeno Medicinal y su registro en la base de datos la cual presenta la información por días de consumo, máximo de consumo, tiempo de consumo y un contador total los datos son presentados en las unidades de gramos y la medición hasta el momento es de 15 días.

Tabla 4.4 Registro de Datos del Sensor de Oxígeno Medicinal

REGISTRO DE CONSUMO DEL OXÍGENO MEDICINAL						
Fecha	Máximo	Fecha Máxima	Marca de Tiempo Máxima	Promedio	Contador (gramos)	Contador Total (gramos)
11/09/2018	1000	11/09/2018	0:00:33	9,56	826000	3571026,9
12/09/2018	1000	12/09/2018	0:01:50	9,8	847000	4418026,9
13/09/2018	1000	13/09/2018	0:01:01	10,45	903000	5321026,9
14/09/2018	1000	14/09/2018	0:01:14	9,61	830000	6151026,9
15/09/2018	1000	15/09/2018	0:00:37	9,02	779000	6930026,9
16/09/2018	1000	16/09/2018	0:00:55	9,43	815000	7745026,9
17/09/2018	1000	17/09/2018	0:01:23	9,81	848000	8593026,9
18/09/2018	1000	18/09/2018	0:00:15	9,51	822000	9415026,9
19/09/2018	1000	19/09/2018	0:00:09	9,77	844000	10259026,9
20/09/2018	1000	20/09/2018	0:01:22	10,31	891000	11150026,9
21/09/2018	1000	21/09/2018	0:00:12	10,47	905000	12055026,9
22/09/2018	1000	22/09/2018	0:01:07	9,83	849000	12904026,9
23/09/2018	1000	23/09/2018	0:00:31	9,85	851000	13755026,9
24/09/2018	1000	24/09/2018	0:01:09	10,53	910000	14665026,9
25/09/2018	1000	25/09/2018	0:00:06	9,86	852000	15517026,9

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Como se muestra en la Tabla 4.4 se indica un consumo total de 15517,02 Kg de consumo total en la fecha del 11 de septiembre del 2018, al 25 de septiembre del 2018; también se tiene los datos del consumo diario de Oxígeno medicinal, por ejemplo el día 25 de septiembre se tiene registro de consumo de ese día de 852 Kg.

En la Figura 4.3 se observa la hoja guía del trasvase de Oxígeno Líquido al tanque criogénico de un total de 14310 Kg.

Figura 4.3 Nota de Entrega del Oxígeno Medicinal

LINDE ECUADOR S.A.
 R.U.C.: 0990021007001
 Contribuyente Especial No. Resolución: 2288
 Modelo Único - Av. Shuary 224 y Av. Eloy Alfaro
 Edif. Pertenso Central, Piso 8, Dto. 501
 QUITO - Ecuador
 Teléfono: 220 - 7100000
 Correo Electrónico: ventas@linde.com.ec
 Sitio Web: www.linde.com.ec

NOTA DE ENTREGA
 N° 220-902-000013008
 EC-INS-001

LINDA DE EMISIÓN: 10-09-2018
 LINDA DE INICIACIÓN DEL TRASVADE: 10-09-2018
 LINDA DE TERMINACIÓN DEL TRASVADE: 10-09-2018
 TRANSACCIONES: 15 YISA

LINDA DE EMISIÓN: 10-09-2018
 R.U.C.: 0990021007001
 CIENTE: HOSPITAL CARLOS ANDRÉS
 PRODUCTO: LO₂

NOTA DE ENTREGA No. _____
 Viaje No. 34020
 FECHA DE ENTREGA: 10-09-2018
 CIUDAD: QUITO

Equivalencias	kg	CO ₂ /MIN/LAR/CO ₂	=	0.25/0.88/0.59/0.53 m ³
Hora	Presión	Nivel		
Inicio 00-00	11 bar/psig	7380 kg		Cantidad a facturar (kg): 14310
Final 01-00	10 bar/psig	21690 kg		Cantidad a facturar (m ³): 10.557

Observaciones: Sin novedad.

Entregado por: Luis Espinoza
 (Despachador autorizado por LINDE ECUADOR S.A.)
 Nombre: Luis Espinoza Firma: Luis Espinoza

Recibido por: Yolanda
 (Personal autorizado por el cliente)
 Nombre: _____ Firma: Yolanda

Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Como se indica en la Figura 4.3 el total del tanque criogénico de Oxígeno medicinal al momento de iniciar el trasvase es de 7380 Kg, al finalizar el trasvase es de un total de 21690 Kg y haciendo la diferencia entre estos valores se obtiene el total dejado por el tanquero y a su vez la cantidad que se cobra al momento de facturar, que es de 14310 Kg.

También se tiene el dato mostrado en la Figura 4.4 que se obtuvo del tanque criogénico a la fecha del 25 de septiembre del 2018, que indica un total de 6610 Kg.

Figura 4.4 Registrador del Consumo de Oxígeno Medicinal



Elaborado por: José Lanchimba y José Taco

Considerando la fecha del trasvase del 10 de septiembre del 2018 se toma el dato de finalización que es de 21690 Kg y realizando la diferencia con el dato tomado del tanque criogénico principal en la fecha del 25 de septiembre del 2018 se obtiene un total de consumo entre las fechas indicadas de 15080 Kg.

Con el dato calculado de 15080 Kg se procede a realizar la comparación con la información recolectada y mostrada en la Tabla 4.3 que es del consumo de los días del 11 de septiembre del 2018 al 25 de septiembre del 2018 de 15517,02 Kg.

Dato total de consumo registrado en el software Fiel Data Manager:

15517,02 Kg

Dato obtenido mediante las guías y el registro en el tanque criogénico:

15080 Kg

A continuación se procede realizar una resta entre las dos cantidades:

$15517,02 - 15080$

El resultado es:

437,02 Kg

Este resultado indica que existe una diferencia en las dos mediciones de 437,02 Kg del flujo de Oxígeno medicinal, calculando en porcentaje se tendría una idea más clara de cuanto es el error en la media del sensor o en el servicio de trasvase que realiza la Empresa Linde.

Asumiendo que los 15080 Kg representan el 100%, dará como resultado que los 437,02 Kg representan el 2,89 % de la diferencia entre las dos medidas de flujo.

Para realizar una identificación más certera de cuál de las dos medidas está incorrecta, ya sea por una mala calibración del sensor o a su vez se esté realizando un mal trasvase del Oxígeno medicinal se requiere un tiempo no menor a un año, para realizar las comparaciones entre las guías y la realizada automáticamente por el sistema de monitoreo y registro.

CONCLUSIONES

Como resultado de la automatización del sistema de monitoreo y registro del consumo de los gases medicinales en el Hospital, se obtuvo el registro de caudal y la presión diarios y mensual durante el mes de septiembre, en gases como: el oxígeno, dióxido de carbono y óxido nitroso, debido a que actualmente el Software Field Data Manager permite la recolección de datos históricos de consumo para su posterior análisis tal como lo ejecuto en el Capítulo 4.

Se realizó un estudio previo del proceso de distribución de gases medicinales, así como las medidas de seguridad e instrumentación que se puede implantar dentro de un hospital para que cumpla con las Normas de la NFPA 99 2005 y la EIGA 2012. Dado dicho estudio se estableció la modernización de forma que las instalaciones queden dotadas con sistemas electrónicos y eléctricos seguros, confiables, flexibles, con el manejo de conceptos de servicio, redundancia, expansión y uso de acuerdo al análisis de las actividades y funciones que se deben desarrollar en el área de la central de gases medicinales en el Hospital.

El estudio de los conceptos básicos a intervenir en el diseño para instalaciones del cuidado de la salud, se identificó puntos importantes a considerar como es la tecnología a utilizar en la medición del flujo para el Oxígeno medicinal y el Dióxido de Carbono la cual es la tipo Coriolis que permite usar en tramos pequeños de tubería sin tener problemas con codos, válvulas y uniones en T.

Una vez que se estableció el procedimiento para la medición fue necesario identificar el tipo de material a ser utilizado debido a que la Norma EIGA 2012 recomienda la utilización de acero inoxidable, misma que fue acogida debido a la naturaleza del sistema de gases medicinales del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín” para las múltiples intervenciones en el mismo por variados proveedores.

La instrumentación identificada para el sistema, que resultó del estudio teórico y diseño, generó variadas características propias y específicas, las mismas que resultaron difíciles de conseguir en el mercado local, por lo tanto fue necesario el apoyo de empresa importadora de equipo electrónico para control y con ello los problemas directos que se generan con el portal de compras públicas.

Como resultado de la implementación del sistema de distribución automático de gases medicinales, se ha observado que la cantidad de consumo de Oxígeno medicinal mediante la interfaz gráfica en el Software Field Data Manager (15517,02 kg) y el registro notas de entrega o guías que provee la Empresa Linde S.A. (15080 kg) en el mes de septiembre, no existe una diferencia significativa (437,02 kg) considerando las grandes cantidades de consumo, siendo estos valores monitorizados manual y automáticamente en el lapso de tiempo del 11 de septiembre de 2018, al 25 de septiembre de 2018.

RECOMENDACIONES

Para efectos de un mejor análisis de los resultados presentados por el Software Field Data Manager y las guías del Hospital de Especialidades “Carlos Andrade Marín”, se requiere un tiempo de análisis mucho más amplio y así realizar los ajustes necesarios en los sensores o a su vez entregar un reporte de con la comparación entre lo medido y lo entregado por la empresa que abastece al Hospital de los tres gases medicinales.

El consumo del Óxido Nitroso es relativamente pequeño, por lo que se tomará mínimo de ocho a nueve meses para establecer una comparación de consumo entre software Field Data Manager y las notas de entrega o guías que provee la Empresa Linde S.A. al Hospital, por razón de que cada dos meses se genera una pre-factura del consumo.

Para la realización de un diseño e implementación de un proyecto en una entidad pública se debe tener en cuenta varios factores que intervendrán en el mismo como es el cierre de año fiscal, cambio de autoridades, cambio de formatos, asignación de presupuesto, etc. Todos estos factores terminaran dilatando el proceso y en consecuencia se demora la finalización del proyecto.

REFERENCIAS

- Association, N. F. (1996). *Código Eléctrico Nacional 1996*. Obtenido de Código Eléctrico Nacional 1996: <http://pcaingenieria.cl/descargasPDF/NFPA-70-Codigo-Elctrico-Nacional.pdf>
- CYRMAN, L. A. (19 de Mayo de 2006). *Docplayer*. Obtenido de <https://docplayer.es/14200755-Universidad-de-costa-rica-facultad-de-ingenieria-escuela-de-ingenieria-mecanica.html>
- EIGA. (2018). *EIGA Documents*.
- Endress+Hauser. (1995). *Endress+Hauser*. Obtenido de Endress+Hauser: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal>
- Fuentes, D. M. (Febrero de 2013). *Notas_del_curso_Bases_de_Datos.pdf*. Obtenido de UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA: http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/Notas_del_curso_Bases_de_Datos.pdf
- Girón, E. G. (Mayo de 2012). *Sistema de gases médicos*. El Salvador: Revista semestral de ingeniería e innovación.
- INDURA S.A. (FEBRERO de 2015). *INDURA S.A.* Obtenido de Manual de Gases INDURA: <http://www.indura.net/content/storage/ec/biblioteca/115c34ca0e684d41b098c9fbbc861cac.pdf>
- Mabel Vaca, R. L. (1992). *zaloamati.azc.uam*. Obtenido de http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/2472/Mecanica_de_fluidos_BAJO_Azcapotzalco.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MORENO, L. M. (s.f.). *Docplayer*. Obtenido de <https://docplayer.es/4610528-Especificaciones-tecnicas-sistema-de-gases-medicinales-proyecto-del-hospital-de-funza.html>
- Protection, A. N. (2015). *safety.ep*. Obtenido de <http://safety.ep.wisc.edu/wp-uploads/2017/03/36.-2015-NFPA-70E-Copy.pdf>
- Roca, I. A. (jueves de Mayo de 2007). *aitunexpo*. Obtenido de <http://aitunexpo.blogspot.com/2007/05/principio-de-funcionamiento.html>
- Romero, M. I. (2010). *dea.unsj.edu.ar*. Obtenido de http://dea.unsj.edu.ar/ihospitalarias/Gases_Medicinales-2010.pdf
- SEISAMED. (16 de FEBRERO de 2015). *SEISAMED*. Obtenido de SEISAMED: <http://www.seisamed.com/gases-de-uso-medico-guia-de-diseno-de-redes>