

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD**  
**DE INGENIERA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE**  
**PLANTAS DE OXIGENO MEDICINAL PARA SATISFACER**  
**LAS NECESIDADES DE LA UNIDAD DE CUIDADOS**  
**INTENSIVOS EN EL HOSPITAL DE APOYO**  
**DEPARTAMENTAL DEL CUSCO”**

**JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE**

**RESOLUCIÓN RECTORAL N° 378-2021-R DEL 30/06/2021.**

**PERIODO DE EJECUSIÓN: 30/06/2021 – 30/06/2022**

**CALLAO - 2022**

**PERÚ**



**A mis padres Anita y Zenobio por qué sin su apoyo y ejemplo no hubiese llegado a concluir con mis metas.**

## **AGRADECIMIENTO**

**De manera muy especial agradezco a la UNAC por su el apoyo recibido en toda mi carrera profesional.**

**A la empresa HMINGS E.I.R.L. por su apoyo económico e información brindada.**

**A mis colegas y demás profesionales que me brindaron su incondicional ayuda para que este trabajo llegue a concluirse.**

## INDICE

<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>11</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.5 JUSTIFICACIÓN (DE ACUERDO A LA NATURALEZA DEL PROBLEMA).....	13
1.5.1 Legal.....	13
1.5.2 Tecnológica o económica.....	13
1.6 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.6.1. Teórica.....	14
1.6.2. Temporal.....	15
1.6.3. Espacial.....	15
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1. BASES TEÓRICAS.....	18
2.2. ELABORACIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL.....	19
2.3. PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL ESTACIONARIAS.....	22
2.4. PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL MÓVILES.....	22
2.5. PROCEDIMIENTO DE COORDINACIÓN.....	24
2.6. PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRECARGAS Y CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.....	25
2.7. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN.....	26
<b>III. HIPÓTESIS Y VARIABLES</b> .....	<b>28</b>
3.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL.....	28
3.2. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES.....	28
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	29
3.4. METODOLOGÍA PARA LA CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	29
3.5. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES Y MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES PARA ASÍ SER UTILIZADOS EN LA COORDINACIÓN AMPERIMÉTRICA Y CRONOMÉTRICA DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	30
<b>IV. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>31</b>
4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31

4.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
4.4.	LUGAR DEL ESTUDIO .....	32
4.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	32
4.6.	PLAN DE TRABAJO DE CAMPO .....	33
4.7.	PROCEDIMIENTOS Y VALIDACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	33
4.8.	PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	34
4.9.	CRITERIOS DE LOS AJUSTES DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN.....	34
4.10.	ESTUDIO DE LA COORDINACIÓN DE LA PROTECCIÓN.....	35
4.11.	EN MEDIA TENSIÓN .....	37
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
5.1.	FUNCIONES DE CONTROL DE LOS SIGUIENTES PARÁMETROS .....	38
5.2.	CARACTERÍSTICAS DE MEDICIÓN DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA .....	38
5.3.	CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN DE LOS ITM .....	38
5.4.	MAYOR ESTABILIDAD EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	39
5.5.	EN LA APLICACIÓN INDUSTRIAL .....	39
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
6.1.	CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	41
6.2.	CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.....	41
6.3.	RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES.....	41
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>IX.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>46</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>49</b>

## **LISTA DE TABLAS**

**TABLA N° 1.** Relación de plantas de oxígeno medicinal

**TABLA N° 2.** Cuadro general de cargas 380/220 voltios, 60 Hz, hospital de apoyo Departamental Cusco

**TABLA N° 3.** Operacionalización de las variables

**NOTA:** Cada uno de los ANEXOS presentados tienen sus propias tablas.

## **LISTA DE FIGURAS**

**FIGURA N° 1.** Leyenda de los equipos en plantas de oxígeno medicinal

**FIGURA N° 2.** Diagrama de flujo general de la planta de oxígeno medicinal.

**FIGURA N° 3.-** Red de integración de los equipos.

**FIGURA N° 4.-** Red profinet para envío de datos al HMI.

**NOTA:** Cada uno de los ANEXOS presentados tienen sus propias figuras.



## LISTA DE ABREVIATURAS

POM : Planta de Oxígeno Medicinal.

IEC : Comisión Electrotécnica Internacional

PLC : Programmable Logic Controller

MINSA : Ministerio de Salud

UNI : Universidad Nacional de Ingeniería

VDE : Federación Alemana de Industrias electrotécnicas,  
Electrónicas y de Tecnología de la Información.

PSA : Adsorción por Cambio de Presión (Pressure Swing  
Adsorption)

ANSI American national standard IEEE Institute of electrictric and  
electrónics engineers

IEC [International Electrotechnical Commission](#)

NEMA National Electrical Manufacturers Association

IP Índice de protección mecánica

BVQI Berau Veritas Quality Institute





## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación presentado aborda la situación actual de implementación del sistema eléctrico de las plantas móvil y estacionaria de oxígeno del Hospital de Apoyo Departamental Cusco para cubrir las necesidades de oxígeno, cumpliendo los estándares internacionales de calidad, que requiere la Unidad de Cuidados Intensivos. Implementar el sistema eléctrico de estas plantas mejorará la calidad de oxígeno medicinal ya que presentará un sistema eléctrico confiable, continuo e interrumpible.

Además el presente trabajo de investigación es el resultado del desarrollo del convenio UNI-MINSA que tiene por objetivo establecer mecanismos de colaboración, cooperación y coordinación interinstitucional entre la ambas entidades, con la finalidad de que las Direcciones de Redes Integradas del Lima, otros departamentos y los establecimientos de salud señalados en el Convenio, cuenten con sistemas completos de plantas de producción de oxígeno medicinal estacionarias y móviles, con el correspondiente soporte técnico y logístico, que contribuya con la solución al problema de la falta de oxígeno a nivel nacional generados por el brote de la terrible enfermedad del Coronavirus(COVID-19).

En el presente trabajo utilizamos equipos modernos que han sido construidos con los actuales avances tecnológicos, los mismos que son imprescindibles en los sistemas eléctricos industriales seguros tales como lo hacen las cargas de alta complejidad y alta confiabilidad.

Para lograr los excelentes resultados las plantas operan con sistemas de comunicación modernos totalmente automatizados manteniendo una alta autonomía, seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico.

Palabras clave: Relé de protección, automatización, confiabilidad de sistemas eléctricos y estudio de la coordinación de la protección.

## ABSTRACT

The following research work presented addresses the current situation and implementation of the electrical system of the mobile and stationary oxygen plants of the Cusco Departmental Support Hospital to cover oxygen needs, complying with international quality standards, required by the Intensive Care Unit. . Implementing the electrical system of these plants will improve the quality of medicinal oxygen since it will present a reliable, continuous and interruptible electrical system.

In addition, this research work is the result of the development of the UNI-MINSA agreement, which aims to establish collaboration, cooperation and inter-institutional coordination mechanisms between the two entities, with the aim that the Directorates of Integrated Networks of Lima, other departments and The health establishments indicated in the Agreement, have complete systems of stationary and mobile medical oxygen production plants, with the corresponding technical and logistical support, which contributes to the solution to the problem of lack of oxygen at the national level generated by the outbreak of the terrible Coronavirus disease (COVID-19).

In the present work we use modern equipment that has been built with the current technological advances, the pampering that is essential in safe industrial electrical systems such as hospitals do given their high reliability. To achieve excellent results, the plants operate with fully automated modern communication systems, maintaining high autonomy, safety and reliability of the electrical system.

Keywords: Protection relay, automation, reliability of electrical systems and study of protection coordination.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La pandemia del COVID 19 que se ha dado en el mundo entero, cuyas consecuencias todos ya la conocemos ha encontrado a nuestro país en las peores condiciones sanitarias y económicas por lo que nuestros gobernantes han dado disposiciones sin tener los conocimientos y asesoramiento adecuados para hacer frente a esta pandemia mundial. En el Hospital de Apoyo Departamental Cuzco se ha podido determinar que la falta de oxígeno medicinal ha sido determinante en el fallecimiento de muchos pacientes en la unidad de cuidados intensivos por ello el MINSA, en un plan de emergencia nacional, decidió implementar las plantas generadoras de oxígeno medicinal estacionaria y móviles enmarcados en un convenio MINSA – UNI. Las desastrosas condiciones económica y políticas del gobierno nacional y local, sumidos en la desesperación y el desconcierto, ha hecho que el MINSA en su plan de emergencia nacional incluya estas plantas generadoras de oxígeno medicinal las cuales deberán ser reportadas a la Autoridad Sanitaria Regional para verificar los aspectos técnico-normativos de operatividad, seguridad y calidad del oxígeno medicinal.

### 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### **Problema General:**

¿Será satisfecho las necesidades de la Unidad de Cuidados intensivos en el Hospital de Apoyo Departamental Cusco con la implementación del sistema eléctrico confiable de las plantas de oxígeno medicinal a instalarse?

#### **Problema Especifico N°1:**

¿Dado el alto nivel de abandono del sistema sanitario en el hospital, es necesario implementar y poner en operatividad las plantas de oxígeno medicinal en el Hospital de Apoyo Departamental Cusco?



### **Problema Especifico N°2:**

¿Será valorado la calidad de oxígeno medicinal producido por las plantas de oxígeno instalados cumpliendo los estándares internacionales?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general realizar la implementación del sistema eléctrico confiable para la operatividad de las plantas de oxígeno medicinal cumpliendo los estándares internacionales y así satisfacer la demanda de oxígeno en la Unidad de Cuidados Intensivos en el Hospital de Apoyo Departamental Cusco.

### **Objetivo Especifico N°1:**

Implementar y poner en operatividad las plantas de oxígeno medicinal en el Hospital de Apoyo Departamental Cusco.

### **Objetivo Especifico N°2:**

Valorar la calidad de oxígeno medicinal con un alto grado de pureza cumpliendo los estándares internacionales producido por las plantas de oxígeno instaladas.

## **1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El proyecto se inicia en el PMI designado por la concesionaria de electricidad del Cuzco (se ubica a 110 m del hospital) hasta la subestación particular ubicado dentro del hospital, incluye la red de media tensión con cable seco 3-1x35 mm<sup>2</sup> tipo N2XSY marca INDECO.

Continúa con la sub estación eléctrica conformada por:

- . Celda de remonte o llegada marca SCHNEIDER GAM02.
- . Celda de protección marca SCHNEIDER QM02.
- . Celda de transformación (transformador de 630 KVA, 10/.40/.23 KV)
- . Celda de distribución (ITMs para 400 y 230 Voltios)
- . Incluye barras para el sistema de aterramiento B.T.

. Distribución del 100% de los equipos y máquinas que conforman las plantas móvil y estacionaria.

Finalmente se incluye los protocolos SAT y la puesta en servicio de las plantas de oxígeno medicinal. Ver ANEXO A

## **1.5 JUSTIFICACIÓN (DE ACUERDO A LA NATURALEZA DEL PROBLEMA)**

El problema de la escasez de los recursos, involucrados con el alto nivel de corrupción que existe en nuestro país, han hecho que nuestro país toque fondo y nos encontremos a un nivel de miseria significativo.

En tal sentido es que la justificación lo hacemos desde los siguientes aspectos:

### **1.5.1 Legal**

Los siguientes documentos elaborados por la alta dirección del MINSA forman la parte legal y normativa de los trabajos a realizarse en diseño, construcción, operación y mantenimiento de los hospitales de nuestro país:

R.M. N° 045-2015/MINSA 27/01/2015.

NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 113-MINSA/DGIEM-V.01 R.M. N° 660-2014/MINSA 01/09/2014

R.M N° 862-2015/MINSA 29/12/2015.

NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 119-MINSA/DGIEM-V.01.



### **1.5.2 Tecnológica o económica**

En el campo de la electricidad y afines, nuestro país tiene una tecnología muy atrasada y no contamos con equipamiento y automatización de tal manera que todo tenemos que importar y por ende los costos resultan ser muy elevados.

## 1.6 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el desarrollo y ejecución, se presenta la limitante dado que los elementos que conforman las plantas de oxígeno medicinal en un 90% son importados. No tenemos bibliografía especializada sobre el tema.

### 1.6.1. Teórica

Prestar apoyo para el logro del objetivo del convenio en la que tiene que cubrir los costos que realice la UNI para el cumplimiento del objeto del convenio, en el tiempo proyectado, para lo cual el MINSA garantizará el cumplimiento del cronograma de desembolso establecido en el presente convenio.

Velar por el cumplimiento del presente convenio y adoptar las medidas correspondientes para garantizar su cumplimiento.

Coordinar el acceso a los establecimientos de salud, de los profesionales designados por la UNI para el desarrollo adecuado de las actividades fijadas en el presente Convenio.

Proporcionar a la UNI las Especificaciones Técnicas que detallan las características técnicas de la composición de las Plantas de Oxígeno Medicinal, tanto para plantas fijas como para plantas móviles.

Aprobar los Expedientes Técnicos de la intervención, objeto del presente Convenio, en el marco de la normativa de inversiones vigente.

Utilizar el marco de las siguientes normas para el desarrollo de los cálculos y dimensionamientos de los sistemas de accionamiento.

- IEC 947-02: Interruptores termomagnéticos
- IEC 898: Interruptores termomagnéticos minibreaker.
- IEC 479: Efectos fisiológicos de la electricidad
- IEC 364: Instalaciones Eléctricas en Edificaciones
- VDE – 102 Análisis de corto circuito.
- IEC 60754-2 IEC 60332-3 Fabricación de cables eléctricos.



### 1.6.2. Temporal

**TABLA N° 1:** Relación de plantas de oxígeno medicinal

<b>CUADRO DE PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL</b>				
<b>ITEM</b>	<b>Tipo de planta</b>	<b>Capacidad (m3/Hr)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>UBICACIÓN</b>
1	Planta Simple	10	12	
2	Planta Simple	20	12	
3	Planta Simple	40	3	<b>ESTACIONARIA CUZCO</b>
4	Planta Dúplex	20	3	
5	Planta Móvil- Simple	20	17	<b>MÓVIL CUZCO</b>
Cantidad Total			47	

*Fuente: Convenio Minsa - UNI*

En el marco del cumplimiento la UNI se compromete a entregar, instalar y poner en operatividad cuarenta y siete (47) plantas de oxígeno medicinal (POM) debidamente autorizadas, requeridas por el MINSa según el acuerdo entre las partes. Ver ANEXO C.

### 1.6.3. Espacial

Las plantas de Oxígeno "Oil Free", contienen los siguientes equipos:

- Compresor "Oil Free"
- Secador
- Tanque de Aire
- Generador PSA
- Tanque de Oxígeno
- Booster
- Manifold y Backup
- Bancada de llenado de Balones



Asimismo, incluye lo siguiente:

- Montaje Eléctrico Mecánico.
- Se instala la POM en las Direcciones de Redes Integradas de

Salud (DIRIS) y Establecimientos de Salud seleccionados por el MINSA.

- Mantenimiento de los próximos dos (2) años de los POM.
- Instalación de las líneas de oxígeno con puntos de salida en UCI-Hospitalización.
- Infraestructura física en donde se albergará la POM.
- Instalaciones eléctricas necesarias para la operación del POM.

Realizar el montaje mecánico y eléctrico de las plantas de oxígeno en las Direcciones de Redes Integradas de Salud (DIRIS) y Establecimientos de Salud seleccionados por el MINSA, que forma parte integrante del presente Convenio.

Instalar líneas e implementar puntos de uso operativos de oxígeno de acuerdo con la necesidad que el MINSA requiera. Esto comprende las instalaciones adosadas a la infraestructura desde la conexión de la planta hasta los puntos de toma en las habitaciones de los pacientes, las que forma parte integrante del presente Convenio.

Cumplir con lo establecido en el presente convenio en el tiempo proyectado, para lo cual garantizara la dotación de personal técnico calificado para la implementación de plantas de oxígeno a los Hospitales señalados por el MINSA, así como los demás servicios establecidos.

Disponer de la infraestructura, equipamiento, herramientas, insumos y otros; necesarios para implementación de las plantas de oxígeno y servicios detallados en el presente convenio.



En el presente trabajo de investigación se desarrollan los conceptos básicos, análisis, diseño e implementación del estudio de las coordinaciones de protección eléctrico tomando el desarrollo del proyecto industrial la empresa HMINGS E.I.R.L., para de esta manera poder optimizar su operatividad en:



- ✓ Mediante el diseño e implementación de los tableros de transferencia automáticos.
- ✓ La utilización de las funciones de relés de sobrecorriente temporizada y corriente de corto circuito instantáneo respectivamente.
- ✓ Uso de las curvas de los relés de sobre corriente según las normas IEC e IEEE desarrolladas en el marco teórico.
- ✓ Elaboración de un tablero con última tecnología con cargas críticas y cargas no críticas unidad a través del interruptor TIE (interruptor de enlace).
- ✓ Así mismo se ha elaborado la compensación reactiva.
- ✓ Se han realizado los estudios que me han permitido hacer la selectividad amperimétrica y cronométrica del sistema eléctrico.

Con este estudio de coordinación de la protección del sistema eléctrico sea dotado a la empresa propietaria un sistema eléctrico con fuente principal y de emergencia en trabajo totalmente automático para lo cual se ha utilizado las funciones protección de corriente homopolar.

Por las razones indicadas anteriormente y para optimizar la operatividad de las protecciones de los sistemas eléctricos de potencia, es que se ha previsto en nuestro trabajo la implementación de los interruptores termomagnéticos modernos.



## II. MARCO TEÓRICO

Dado el costo del equipamiento, en nuestro país, la mayor parte de las empresas no cuentan con los equipos necesarios

La planta de Oxígeno Medicinal-CONVENIO MINSA-UNI

Ubicación: Av. la Cultura s/n, distrito de Cusco, provincia de Cusco, departamento Cusco.

Se efectuó la ingeniería de cálculo, especificaciones técnicas y detalles del Sistema de Utilización en Baja Tensión 380/220 Voltios, 60Hz, y media tensión 10 KV los cuales alimentan a la Planta de Oxígeno Medicinal a partir del tablero general de cada una de las plantas del Hospital de Apoyo Departamental – Cusco.

Comprende:

- Redes de fuerza del sistema eléctrico en baja y media tensión.
- Tableros: General, distribución y sub tableros involucrados.
- Canalización de los alimentadores de fuerza.
- Alimentación para el sistema de señales débiles.

### 2.1. BASES TEÓRICAS

El tema principal a tratar en el presente trabajo es la selección, dimensionamiento y selección de máquinas eléctricas, equipos, transformadores y cables alimentadores de energía eléctrica de baja y media tensión, por lo que se realizarán los trabajos de montaje, pruebas y puesta en servicio de las plantas estacionaria y móvil de oxígeno medicinal para las áreas de las unidades de cuidados intensivos del Hospital de Apoyo Departamental – Cusco.

Los ajustes del sistema de protección son calculados considerando el escenario de máxima demanda y son verificados para diferentes escenarios de operación y contingencia. Ver ANEXO B.

## 2.2. ELABORACIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL

La empresa HMINGS E.I.R.L. conjuntamente con la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, elaboramos los cuadros de cargas de acuerdo a las necesidades del proyecto y respetando lo enunciado en el Código Nacional de Electricidad, 050-2006.

TABLA N° 2. CUADRO GENERAL DE CARGAS 380/220 VOLTIOS, 60 HZ HOSPITAL DE APOYO DEPARTAMENTAL CUSCO						
TABL.	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN DE TABLEROS	TIPO	Pinst	FD	M.D.
				KW		KW
TG	C1	COMPRESOR ESTACIONARIO	3φ	140	1.0	140
		BOOSTER ESTACIONARIO	3φ	11.1	0.8	8.88
		SECADOR ESTACIONARIO	1φ	0.07	0.8	0.056
		PSA ESTACIONARIO	1φ	0.3	0.8	0.24
		VENTILADOR ESTACIONARIO	1φ	2	0.8	1.6
		EXTRACTOR ESTACIONARIO	1φ	2	0.8	1.6
		ALUMBRADO ESTACIONARIO	1φ	1	0.8	0.8
		TOMACORRIENTE ESTACIONARIO	1φ	1	0.8	0.8
	C2	COMPRESOR MÓVIL	3φ	72.4	1.0	72.4
		BOOSTER MÓVIL	3φ	7.46	0.8	5.968
		SECADOR MÓVIL	1φ	0.05	0.8	0.04
		PSA MÓVIL	1φ	0.3	0.8	0.24
		VENTILADOR MÓVIL	1φ	2	0.8	1.6
		EXTRACTOR MÓVIL	1φ	2	0.8	1.6
		ALUMBRADO MÓVIL	1φ	1	0.8	0.8
		TOMACORRIENTE MÓVIL	1φ	1	0.8	0.8
					244	
<b>CÁLCULO DE LA POTENCIA CONTRATADA</b>						
POTENCIA INSTALADA KW						244
FACTOR DE SIMULTANEIDAD						1.0
CÁLCULO DE LA POTENCIA CONTRATADA KW						243.68
<b>POTENCIA CONTRATADA FINAL KW</b>						<b>250</b>
<b>CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR</b>						
MÁXIMA DEMANDA KW						237
FACTOR DE AMPLIACIÓN						2.0
FACTOR DE POTENCIA						0.85
CÁLCULO DE LA POTENCIA KVA						474
POTENCIA COMERCIAL KVA						<b>630</b>























*Fuente: Elaboración propia*

Para elaborar el cuadro de cargas se ha coordinado con los fabricantes de cada una de las máquinas, es decir:

1. En el caso de los motores con WEG MÁQUINAS.
2. Para el compresor con SIEMENS Y ATLAS COPCO.
3. Para el secador y Booster con ATLAS COPCO
4. Las demás cargas son convencionales.

En tal sentido y teniéndose en cuenta que el compresor amerita tener una potencia de la fuente disponible, teniéndose en cuenta que internamente el compresor incluye máquinas adicionales las cuales también consumen potencia. Por esta razón es que la potencia del motor del compresor no es la misma a la potencia equivalente que presentamos en la tabla N° 2.

**FIGURA N° 1:** Leyenda de los equipos en plantas de oxígeno medicinal

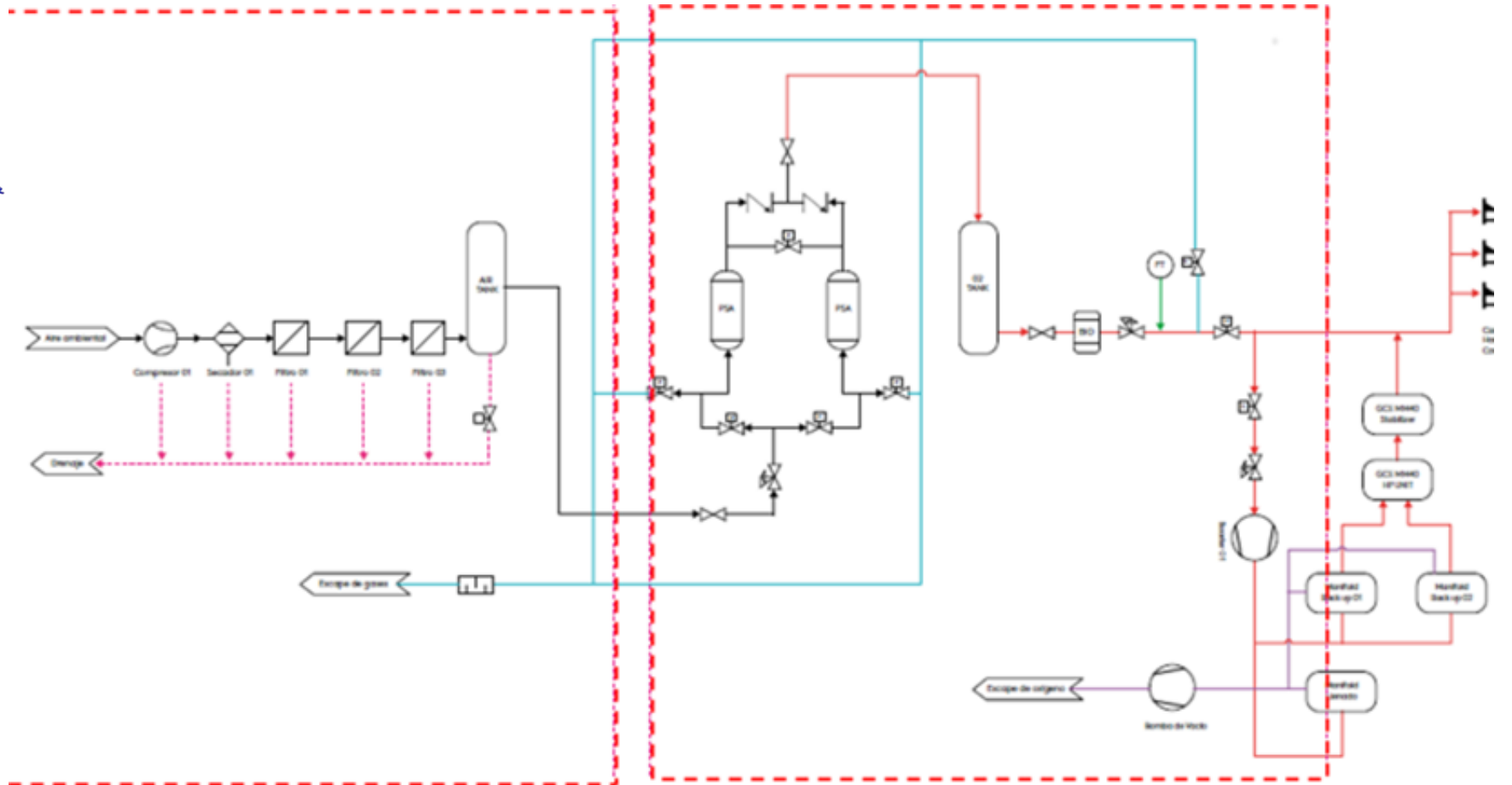
	Compresor ZT45		Silenciador
	Secador FD 180 VSD		Válvula Manual
	Filtro UD 100+ Filtro 01		Filtro Bacteriológico
	Filtro QD 130+ Filtro 02		Válvula Neumática
	Filtro PDp 130+ Filtro 03		Drenador
	Tanque de Almacenamiento de Aire (1500L)		Válvula tipo Check
	Tanques PSA (Nordic 060-3-P)		Flujómetro
	Tanque de Almacenamiento de Oxígeno (1500L)		Regulador de Flujo
	Bomba de vacío		Silenciador
	Booster Rix 2V3B - 4TV		Válvula Manual
	Unidad Reguladora de presión		
			



Fuente: Altas Copco – Lima - Perú

**FIGURA N° 2:** Diagrama de flujo general de la planta de oxígeno medicinal

*[Handwritten signature]*



Fuente: Altas Copco – Lima - Perú

### **2.3. PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL ESTACIONARIAS**

Para poner operativas contaremos con el aporte de nuestro sistema integral de gestión, el cual cuenta con modelos y procedimientos estándares para las actividades de operación y mantenimiento de los diferentes equipos que conforman las plantas generadoras. VER ANEXO G

Como la Planta generadoras de Oxígeno Medicinal son activos nuevos por tanto las rutinas de operación y mantenimiento preventivo e inspecciones respetarán los tiempos establecidos por el fabricante, esto con el fin de conservar las respectivas garantías sobre los equipos.

El Plan de operación y Mantenimiento Preventivo proyectado que requieren las plantas de generación de oxígeno PSA, incluyen actividades que se debe realizar por un periodo de dos años (24 meses), con un mínimo de dos visitas anuales. Este plan de mantenimiento considera el número de horas de producción de la planta generadora de oxígeno estacionarios y contiene como mínimo los siguientes componentes:

- Compresor "Oil Free"
- Secador
- Tanque de Aire
- Generador PSA
- Tanque de Oxígeno
- Booster
- Manifold y Backup
- Bancada de llenado de Balones.



### **2.4. PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL MÓVILES**

Consiste en un container, ver ANEXO A y ANEXO C el cual contiene en su interior los siguientes equipos:

- Compresor "Oil Free"
- Secador

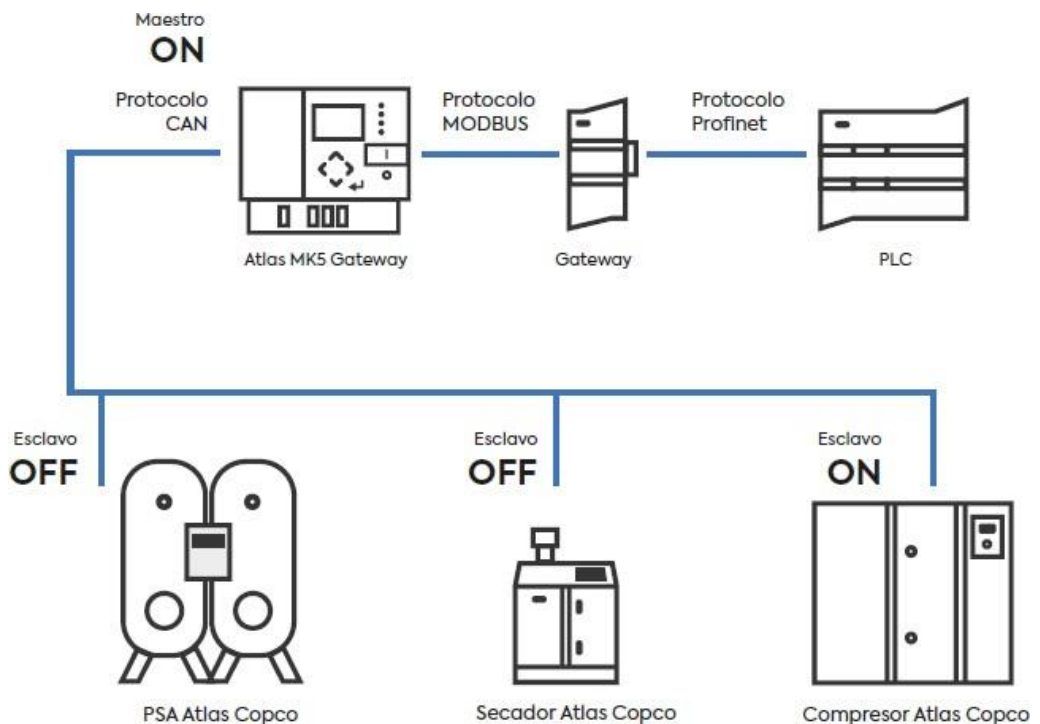
- Tanque de Aire
- Generador PSA
- Tanque de Oxígeno
- Booster
- Manifold y Backup
- Bancada de llenado de Balones

Ver APENDICE F.

El monitoreo consiste en el seguimiento de las variables del estado y proceso de la planta de oxígeno. Para lograr esta función se hace uso de un dispositivo Gateway MK5 el cual tiene una función de maestro para recibir las variables de estado y proceso codificadas en el protocolo CAN enviadas por los controladores MK5 con función de esclavo que están instalados en el compresor, secador y PSA.



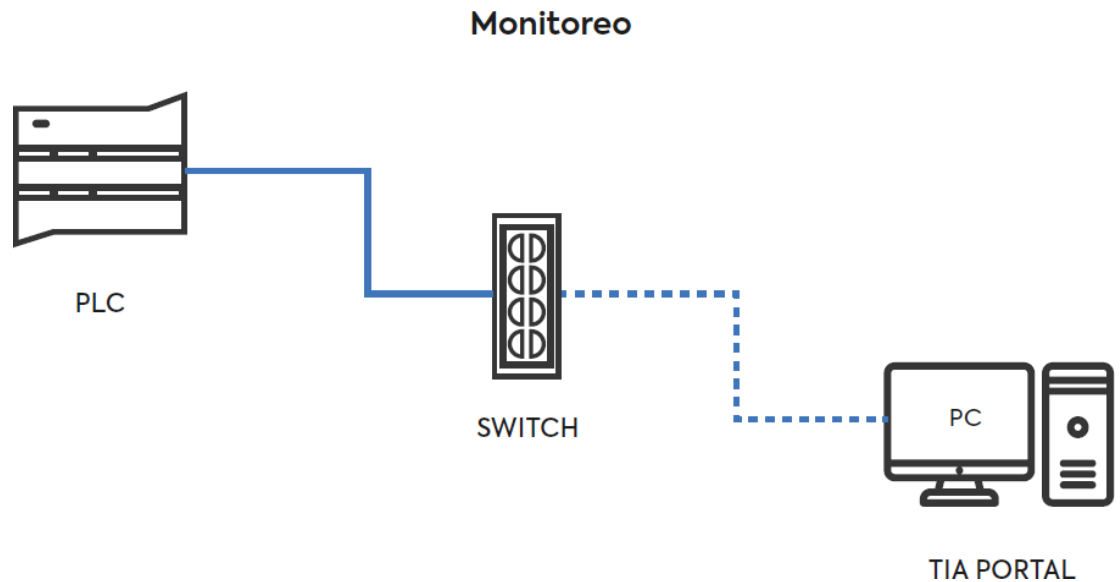
**FIGURA N° 3:** Red de integración de los equipos



*Fuente: Atlas Copco – Lima - Perú*

El Gateway MK5 convierte los datos recibidos de protocolo CAN a protocolo MODBUS para enviarlos a al Gateway MODBUS conectado a un PLC por el protocolo PROFINET.

**FIGURA N° 4:** Red profinet para envio de datos al HMI



*Fuente: Altas Copco – Lima - Perú*

El PLC por medio de una red PROFINET envía los datos recibidos del Gateway MK5 a una computadora (ver Figuras N° 7 y 8) sobre el cual está montada una interfaz HMI, en esta interfaz se mostrará las variables del proceso medidas por los sensores instalados en los equipos de la planta, además desde esta se podrá poner en operación la planta.

## **2.5. PROCEDIMIENTO DE COORDINACIÓN**

La aplicación correcta de los interruptores termomagnéticos requiere el conocimiento de la corriente de falla que puede fluir en cada parte de la red. Los datos requeridos para un estudio de configuración de relé son:



- i. Un diagrama unifilar del sistema de energía involucrado, mostrando el tipo y la calificación de la protección dispositivos y sus transformadores de corriente asociados.
- ii. Las impedancias en ohmios, en porcentaje o por unidad, de todos los transformadores de potencia, máquinas eléctricas y circuitos alimentadores.
- iii. Los valores máximos y mínimos de cortocircuito corrientes que se espera que fluyan a través de cada dispositivo de protección.
- iv. La corriente de carga máxima a través de los dispositivos de protección.
- v. Los requisitos actuales de arranque de motores y los tiempos de arranque / bloqueo del rotor / bloqueo de motores de inducción.
- vi. La entrada del transformador, resistencia térmica y características de daño térmico.
- vii. Curvas de disminución que muestran la tasa de descomposición de la corriente de falla suministrada por los generadores eléctricos.
- viii. Curvas de rendimiento de los transformadores de corriente.

La configuración del relé se determina primero para proporcionar los tiempos de operación más cortos en los niveles máximos de falla y luego se verifica para ver si la operación también será satisfactoria con la corriente de falla mínima esperada. Siempre es aconsejable trazar las curvas de los relés y otros dispositivos de protección, como fusibles, que deben operar en serie, en una escala común.

Por lo general, es más conveniente usar una escala correspondiente a la corriente esperada en la base de tensión más baja, o usar la base de tensión predominante. Ver APENDICE D.



## **2.6. PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRECARGAS Y CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.**

Gracias a la medición de corrientes de fase y tierra mediante

transformadores de corriente (CT), el relé de protección de corriente IPR-A puede realizar funciones de protección de acuerdo con las normas ANSI, IEC. Mas detalles ver ANEXOS C Y E.

Gracias también a las indicaciones en las entradas digitales, el dispositivo puede informar, por ejemplo, sobre el estado del disyuntor o seccionador al que está acoplado, operar en las salidas y desactivar algunas funciones.

En los sistemas eléctricos de potencia la protección contra el exceso de corriente siempre ha sido el primer sistema de protección en evolucionar.

A partir de este principio básico, se ha desarrollado el sistema de control de las sobrecorriente graduales, clasificados en tres niveles:

Protección contra las corrientes de corto circuito. Para lo cual se utilizan relés Standard Inverse (SI), Very Inverse (VI), Extremely Inverse (EI) o definite Time (DT), con discriminación de corriente y tiempo.

## **2.7. SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN**

Sistema : Trifásico de tres cuatro hilos (L1, L2, L3).

Tensión : 10 Kv.

Frecuencia : 60 Hz.

Instalación de: Celda de Llegada, Celda de Protección, Celda de transformación y Celda de distribución (tablero general de 380/220 Voltios).

Del suministro de 10,000 Voltios salen los cables N2XSY de 3-1x35 mm<sup>2</sup> de 8.7/15 kV enterrados utilizando tuberías PVC SAP de 55 mm de diámetro hasta la celda GAM2. Se ha utilizado una celda QM para el sistema de protección el mismo que alimenta al transformador de 400 KVA, 10/.4/.23 KV, 60 HZ. De este transformador se conectan al tablero general por medio de los ITMs respectivos y finalmente de este tablero general se conectan a las plantas de oxígeno móvil y



estacionaria mediante tuberías PVC SAP de 95 Y 105 mm respectivamente enterradas.

Se efectuó la ingeniería de cálculo, especificaciones técnicas y detalles del Sistema de Utilización en Media Tensión 10/./38/.23 kV, 60 Hz, el cual alimenta a las Plantas de Oxígeno Medicinal móvil y estacionaria a partir de su tablero general. VER ANEXO E.

Comprende:

- Redes de fuerza del sistema eléctrico.
- Tableros: General, distribución y sub tableros involucrados.
- Canalización de los alimentadores de fuerza.
- Alimentación para el sistema de señales débiles.
- Sistema contra incendio.



### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

Para la formulación de la Hipótesis es necesario:

#### 3.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL

Implementación un sistema eléctrico confiable de las plantas de oxígeno y así satisfacer las necesidades de demanda de oxígeno que necesita la Unidad de Cuidados Intensivos en el Hospital de Apoyo Departamental Cusco.

##### **Hipótesis secundaria N°1:**

Será implementada y puesta en servicio las plantas de oxígeno medicinal en el Hospital de Apoyo Departamental Cusco.

##### **Hipótesis secundaria N°2:**

Será valorada la calidad de oxígeno con un alto grado de pureza cumpliendo los estándares internacionales producido por las plantas de oxígeno instaladas.

#### 3.2. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES

Las plantas de oxígeno medicinal cubrirán las necesidades sanitarias y se evitarán tantos fallecimientos en:

##### **Variable dependiente (Y):**

Satisfacer la necesidad de oxígeno medicinal en la Unidad de Cuidados Intensivos en el Hospital Departamental Cusco.

##### **Variable independiente (X):**

Implementación del Sistema Eléctrico Confiable de las Plantas de Oxígeno Medicinal



### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Definición operacional de la variable:

Una vez definidas las variables independientes y dependientes, es necesario operacionalizarlas para analizar las dimensiones y conceptualizarlo por medio de indicadores de tal forma que nos permita comprobar nuestra hipótesis.

A continuación, presentamos la operacionalización de las variables.

**TABLA N° 3:** Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<b>INDEPENDIENTE</b> Implementación del Sistema Eléctrico Confiable de las Plantas de Oxígeno Medicinal	La confiabilidad de un sistema eléctrico de distribución es la capacidad que tiene la red para proporcionar el servicio de energía eléctrica a los clientes en forma continua e ininterrumpida.	Capacidad de la red eléctrica	Compresor de Aire	X1
		Servicios de energía de forma ininterrumpida	PSA	X2
			Secador	X3
			Booster	X4
<b>DEPENDIENTE</b> Satisfacer la necesidad de oxígeno medicinal en la Unidad de Cuidados Intensivos en el Hospital departamental del Cuzco	Las POM incluyen componentes altamente calificados que trabajan en las áreas de emergencia de los hospitales por lo que deben de trabajar con una fuente altamente fiable para así proporcionar el oxígeno necesario que necesitan la Unidad de Cuidados Intensivos.	Capacidad de almacenaje de Oxígeno	Calidad de Oxígeno	Y1
		Distribución de Oxígeno Medicinal	Grado de Puresa	Y2
			Cantidad de pacientes	Y3

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4. METODOLOGÍA PARA LA CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS



Para contrastar y demostrar la hipótesis se tendrá como metodología de trabajo lo siguiente:

Realizar las pruebas FAT Y SAT del equipamiento y máquinas eléctricas.

Realizar las coordinaciones e trabajo individual de cada uno de los elementos de las plantas de oxígeno.

Protocolizar todos y cada una de las pruebas realizadas.

Para garantizar la operatividad de las plantas se incluye las puestas en servicio.

### **3.5. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES Y MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES PARA ASÍ SER UTILIZADOS EN LA COORDINACIÓN AMPERIMÉTRICA Y CRONOMÉTRICA DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS**

Para contrastar y demostrar la hipótesis se tendrá como metodología de trabajo lo siguiente:

Modelamiento eléctrico del sistema de baja y media tensión.

Estudio profundo de las cargas involucradas en el circuito eléctrico.

El cálculo y análisis de las protecciones aplicadas.

Diseño de los filtros adecuados para mejorar el nivel de energía.

Planificación de la operación en automático y manual del sistema eléctrico.



## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el estudio se utilizarán los datos técnicos de los equipos proyectados y los ajustes de los relés del sistema del área de influencia. Los ajustes de los equipos de protección se definirán teniendo en cuenta los criterios de ajustes definidos por las normas IEC, IEEE y ANSI. Para contrastar y demostrar la hipótesis se tendrá como metodología de trabajo lo siguiente:

### 4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Es una investigación aplicada de tipo descriptiva de corte transversal, como menciona Selitiz (1965), en esta clase de estudios el investigador debe ser capaz de definir qué se va a medir y cómo se va a lograr precisión en esa medición y es de corte transversal porque las mediciones son hechas en una sola ocasión (aun cuando ésta sola ocasión puede ser unos minutos, una hora, un día, un mes o mayor tiempo); en este sentido la investigación está basada en la medición de la operatividad de las plantas de oxígeno medicinal.

### 4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es experimental tal como lo explica Hernández Sampieri (2010), porque se manipula la variable dependiente para medir los resultados en la variable independiente. El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para responder a las preguntas de la investigación Hernández Sampieri (2013). En consecuencia, para el desarrollo de la investigación se plantean las etapas siguientes:

1. Tomar muestras de los diagramas de cada una de las cargas.
2. Considerar la parametrización del comportamiento actual.
3. Verificar la secuencia de operaciones del sistema.
4. Diseñar los sistemas de accionamiento modernos.
5. Dimensionar y seleccionar los cables tipo N2XOH.

6. Respetar los procedimientos a seguir en la topología de la POM.
7. Diagramar el flujo del proceso de toma de datos.
8. Diagramar el flujo del proceso de la coordinación de la protección.
9. Diagramar el flujo de los documentos técnicos en diseño, obra y asbuilt.

#### **4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Latorre, Rincón y Arnal, (2003:78) expresan: que la población es el conjunto de todos los individuos (objetos, personas, eventos, etc.) en los que se desea estudiar el fenómeno. Éstos deben reunir las características de lo que es objeto de estudio. El individuo, en esta acepción, hace referencia a cada uno de los elementos de los que se obtiene la información. Los individuos pueden ser personas, objetos o acontecimientos.

Para nuestra investigación la población considerada como objeto de estudio es el sistema eléctrico de la POM (planta de oxígeno medicinal) ubicada en el departamentode Cuzco, por lo tanto, la población es igual a la muestra ya que en nuestro país se cuenta con una sola POM (planta estacionaria y móvil).

#### **4.4. LUGAR DEL ESTUDIO**

Hospital Apoyo Departamental Cuzco.

Ubicación: Av. la Cultura s/n, distrito de Cusco, provincia de Cusco, departamento Cusco

#### **4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Rojas Soriano, (1996-197) señala al referirse a las técnicas e instrumentos para recopilar información como la de campo, lo siguiente: Que el volumen y el tipo de información - cualitativa y cuantitativa - que se recaben en el trabajo de campo deben estar plenamente justificados por los objetivos e hipótesis de la





investigación, o de lo contrario se corre el riesgo de recopilar datos de poca o ninguna utilidad para efectuar un análisis adecuado del problema.

En este sentido, por la naturaleza de la investigación se ha considerado utilizar los instrumentos siguientes:

- a. Planos Técnicos
- b. Equipos de medida
- c. Tabla de protocolos

#### **4.6. PLAN DE TRABAJO DE CAMPO**

El trabajo de campo se da en tres etapas:

- 4.6.1. Toma de datos de la fuente de energía del Hospital para determinar la máxima demanda.
- 4.6.2. Verificar la secuencia de operaciones del hospital para determinar las caídas de tensión cuando trabaja el compresor.
- 4.6.3. Toma de datos de los componentes de la POM.
- 4.6.4. Protocolos del sistema de aterramiento.
- 4.6.5. Protocolos de los aislamientos de los componentes eléctricos de la planta de oxígeno medicinal.
- 4.6.6. Puesta en servicio y toma de datos de los parámetros principales y secundarios.

#### **4.7. PROCEDIMIENTOS Y VALIDACIÓN EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS**



Para Hernández Sampieri y otros (2010), la validez de un instrumento mide el grado de confianza que se tiene donde los resultados del experimento se interpreten adecuadamente, sostiene que la validez es el grado en que un instrumento mide lo que pretende medir.

La validación de la recolección de datos de la presente investigación fue verificada y certificada por las siguientes áreas:

4.7.1. Área de Mantenimiento electromecánico del MINSA.

4.7.2. Área de Infraestructura del Hospital Departamental del CUZCO.

4.7.3. Área de Electromecánica de la UNI.

Así mismo la información de las pruebas fue validada por las siguientes entidades:

1. UNI.

2. MINSA.

Los instrumentos validados nos proporcionan la siguiente información:

En los planos técnicos se levantaron los esquemas de fuerza y control para ser contrastados con los módulos propuestos por los fabricantes.

Con los equipos de medida, se tomaron las mediciones y registros de calidad de energía el cual incluye registro de eventos, así como para verificar la regulación de los equipos de accionamiento existentes.

En la tabla de protocolos, se muestra la información real para el estudio de corto circuito global y específico en POM.

#### **4.8. PROCEDIMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS**

El procedimiento y análisis de datos se realizaron utilizando los siguientes Diagramas de flujo:

Diagrama de Flujo del proceso de toma de datos.

Diagrama de Flujo del proceso de la coordinación de la protección.

#### **4.9. CRITERIOS DE LOS AJUSTES DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN**

El sistema de protección tiene como objetivo proporcionar el rápido y selectivo despeje del componente eléctrico en falla, minimizando la interrupción y posibilitando la rápida reposición de suministros. Bajo

este concepto, los sistemas de protección tienen los siguientes requerimientos:

**Confiabilidad:** Grado de seguridad de que la protección actuará correctamente.

**Selectividad:** Desconexión del componente en falla, con la mínima interrupción de suministros.

**Inmunidad:** a interferencias externas.

**Rapidez:** La protección deberá actuar lo más rápido posible con la finalidad de provocar el menor daño en los componentes fallados.

**Simplicidad:** Mínimo equipamiento y circuitos asociados para lograr los objetivos de la protección.

La protección del sistema eléctrico y de los equipos es muy importante, en vista que una falla en cualquiera de ellos puede dejar sin suministro un área entera, además de poner en riesgo la estabilidad del sistema de potencia.

#### 4.10. ESTUDIO DE LA COORDINACIÓN DE LA PROTECCIÓN

La protección de sobrecorriente definida para los componentes eléctricos del grupo electrógeno y las redes eléctricas de Luz del Sur deberá ser ajustada con tiempo de operación por debajo de los tiempos críticos de despeje de fallas y la capacidad de corriente de cortocircuito de cada equipo.

El término “protección” no implica que el equipo de protección pueda prevenir fallas o deficiencia de los equipos. Los relés de protección sólo se ponen en funcionamiento después que haya ocurrido una condición insostenible. Sin embargo, su función es minimizar los daños a equipos fallados, reducir el tiempo y costo de interrupción, así como el de reparación y problemas afines que pudieran ocurrir.

La coordinación entre los diversos elementos de protección de sobrecorriente se realiza mediante la definición de sus ajustes, tanto de corriente como de tiempo, de modo tal que se obtenga la mejor



selectividad posible. Para los ajustes a realizarse se procederá con la siguiente metodología:

- Todos los ajustes serán verificados para dos condiciones extremas, los cuales corresponden a las máximas y mínimas corrientes de falla.
- Para la protección de sobrecorriente entre fases, se considera como máxima corriente de falla a la corriente de cortocircuito trifásico.
- Cuando el grupo de generación se encuentre operando (máxima demanda).
- El tiempo de coordinación entre dispositivos de protección se considera de aproximadamente 100ms, que es determinado principalmente por el tiempo de actuación del relé más el tiempo de apertura del interruptor, con un margen de seguridad para compensar los errores de los valores estimados de corriente de falla, tiempo de operación de los relés y errores en los transformadores de corriente.
- La corriente de arranque de la protección de sobrecorriente de fases se ajusta mayormente a la máxima corriente de carga del circuito a proteger, y a la vez este ajuste debe permitir detectar fallas bifásicas con resistencias de falla de 5 ohm dentro de su zona de protección.
- La corriente de arranque de la protección sobrecorriente de tierra debe ser como máximo el 40% de la corriente de carga, y a la vez el ajuste debe permitir detectar fallas a tierra con resistencias de falla de 50 ohm dentro de su zona de protección. Asimismo, la función de sobrecorriente y corriente de corto circuito, es implementada en el generador para proteger el devanado de armadura contra corrientes inadecuadas.
- La sobrecarga permitida para las unidades de generación está definida en la norma *IEEE Std C37.102-1995* el cual se considera como referencia.



#### 4.11. EN MEDIA TENSIÓN

Disponen de unidades de sobrecorriente, con transformadores de corriente para atender las funciones 50/51, para la protección de cada una de las fases y una unidad para la protección de falla a tierra (50N/51N).

Todas las funciones de protección son realizadas por el sensor electrónico ekorRPG, el cual se instala en celdas con interruptor automático CGMCOSMOS-V y/o CGM-CMP-V.

Las curvas de protección existentes en el relé de sobrecorriente provienen de la norma IEC 60255 y corresponden a las curvas: normalmente inversa (NI), muy inversa (VI), extremadamente inversa (EI) y de tiempo definido (DT). Cada una de estas curvas se rige por la ecuación vista en el marco teórico y el significado de cada uno de estos parámetros se muestra en el ANEXO E.



Las curvas de tiempo inverso actúan junto con la curva de tiempo definido del instantáneo de acuerdo a la función lógica “AND” y no a una función lógica “OR” como es de costumbre en los relés de sobrecorriente. Esto permite que el relé electrónico corte de manera exacta la curva de tiempo inverso y en este mismo punto comience la curva de tiempo definido instantáneo.

## V. RESULTADOS

En la implementación de las POM encontramos varias formas de hacer el control, medición y protección de los diversos circuitos eléctricos y a nuestro entender la mejor opción es utilizando los interruptores termomagnéticos fabricados por múltiples empresas utilizando tecnología punta.

### 5.1. FUNCIONES DE CONTROL DE LOS SIGUIENTES PARÁMETROS

- Corrientes de sobrecarga.
- Corrientes de corto circuito
- Ausencia de fases en la operación del sistema.
- Control de la secuencia para los compresores
- Las protecciones se hallan enclavadas con el PLC.

Abre/cierra en remoto y local, I/O programable, compuertas y temporizadores lógicos programables.

### 5.2. CARACTERÍSTICAS DE MEDICIÓN DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA

Intensidad y demanda de Intensidad, Tensión, Voltios - ampere, Watt y demanda de kW, kWh, kWh netos, VAR y demanda de kVAR, kVARh y kVARh netos, Factor de Potencia, Frecuencia, Registro Minima/máxima, Tendencias (perfil de carga en el tiempo) y THD de Intensidad y Tensión.



### 5.3. CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN DE LOS ITM

Opera integrado con los siguientes circuitos:

De corriente en fases instantáneo RM.

De corriente en fase temporizado RT.

De corriente en fases a tierra instantáneo 50N.

De corriente en fase a tierra temporizado 51N.

Falla de interruptor (50BF).

El consumo de energía es mínimo por lo que lo hace más eficiente

generando mayor ahorro de energía y comparado con las demás marcas.

Estos equipos son proyectados para operar con alta eficiencia y confiabilidad para proveer un mejor aprovechamiento de energía dentro de una gran variedad de cargas.

#### **5.4. MAYOR ESTABILIDAD EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS**

Frente a perturbaciones en el sistema eléctrico, los ITM se comportan en forma excelente, respondiendo de inmediato a las diversas fallas que se pueden presentar.

#### **5.5. EN LA APLICACIÓN INDUSTRIAL**

Debido a sus características constructivas, operación con alto rendimiento, alta confiabilidad y adaptabilidad a todo tipo de ambiente, son utilizados en prácticamente todos los sectores de la salud.



## VI. DISCUSIÓN

Las POM han sido diseñados para atender a mercados muy exigentes tales como los Hospitales, industria farmacéutica, entre otras.

Para lograr nuestro objetivo, se han tenido en cuenta:

- ✓ Funciones de la IEEE e IEC.
- ✓ Características de Monitoreo de la IEEE e IEC.
- ✓ Características de Protección de la IEEE e IEC.
- ✓ Mayor estabilidad en los sistemas eléctricos
- ✓ Normatividad MINSA.

Ya dentro de su operatividad, aporta a su sistema eléctrico, una estabilidad frente a fuertes perturbaciones de corriente, tensión o frecuencia.

Las razones presentadas hacen que el elevado costo en la adquisición, justifiquen la inversión y mejoren de esta manera la optimización en la operatividad de los sistemas eléctricos que lo utilizan.

Dentro de los objetivos que me he planteado es lograr la optimización de la operación de las POM aún cuando se presenten diversas contingencias en el sector eléctrico.

La coordinación correcta de los equipos de protección de sobre corriente y corrientes de corto circuito aplicados al sistema eléctrico tal como se muestran en el diseño metodológico, es recomendado por la IEEE Std C37.2-1996 ya que facilitará el conexionado de:

Transformadores de corriente de cada fase.

Transformador de corriente toroidal.

Fuente auxiliar.

Watch dog.

Dos entradas programables.

Tres salidas programables.

Panel de bornes ubicado en la parte posterior.





### **6.1. CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Para la contrastación de los resultados se han realizado los siguientes trabajos:

Verificación de las pruebas FAT y SAT de los fabricantes.

Contraste de los de los ajustes realizados.

Niveles de operación nominal de las máquinas eléctricas.

Niveles de operación de trabajo de las máquinas eléctricas.

Puesta en servicio final del sistema eléctrico.

### **6.2. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES**

Estudio de coordinación de las protecciones del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

Estudio de coordinación de las protecciones de Las Salinas QUIMPAC S.A.

Estudio de coordinación de las protecciones del ADIPLUS S.A.C.

Estudio de coordinación de las protecciones del TIZZA S.A.C.

Estudio de coordinación de las protecciones del DP WORD.

### **6.3. RESPONSABILIDAD ÉTICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES**

Los trabajos realizados han sido realizados con el rigor técnico y con la normatividad indicada en la bibliografía y el Código nacional de electricidad de los cuales tengo la plena responsabilidad.



## VII. CONCLUSIONES

Después de haber implementado las POM al hospital departamental del Cuzco, Plantas estacionarias y móviles, operados con sus respectivos sistemas de protección y accionamiento se ha llegado a presentar los resultados siguientes:

- Cumple a cabalidad con las funciones de Control, monitoreo, medición y protección con mayor estabilidad y gran aplicación medicinal.
- Consume una pequeña energía reactiva por lo que le hace económico.
- Provee una estabilidad frente a fuertes perturbaciones de corriente, tensión o frecuencia.
- El costo de la energía consumida es la bastante reducida a comparación de otras plantas similares.
- El costo de adquisición es bastante caro debido a que los equipos son de marca y la tecnología utilizada es moderna.

En los resultados descritos anteriormente se operan con sistemas de accionamiento y protección totalmente automatizados el mismo que, en su operatividad, mantiene una alta autonomía, seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico.

**Sobre las prestaciones:** Siendo los ITM, instalados en los sistemas eléctricos importantes, los responsables de la operación y comportamiento dinámico del sistema eléctrico y conociendo que las frecuentes perturbaciones, en estado transitorio, harán que el sistema cambie su performance, estos ITM cuenta con un software integrado para contrarrestar cualquier tipo de fallas.

**De las características de trabajo:** Se ha demostrado que la operación de los ITM instalados en las POM, el cual integra los sistemas eléctricos, nos



dan una protección adecuada de sobre corriente y nos permite garantizar un excelente servicio logrando amplios márgenes de confiabilidad y estabilidad del sistema eléctrico.

**De las comunicaciones:** Los equipos de control, protección, y medición cuentan con un puerto serial donde se conecta una interface hombre máquina (IHM), que me permite interactuar con un computador.

Están preparados para trabajar en redes LAN, WAN, fibras ópticas u otro medio utilizado en comunicaciones. Esto me permite integrar los procesos y hacer que la medición, control y protección sea óptima minimizando costos de operación.

**De la protección Integral:** Se ha demostrado que los ITM comandados e integrados adecuadamente siempre estarán haciendo frente a múltiples perturbaciones de energía producidos en la topología de los alimentadores y cargas como: Motores y generadores eléctricos.

**De la vida útil:** Siendo tan importantes las POM es que son comandados mediante los sistemas de accionamiento, estos son fabricados utilizando componentes modernos con tecnología punta de manera tal que garanticen y sobrepasen largamente el tiempo de vida útil diseñado.

Los fabricantes tales como General Electric, Siemens, Schneider en otros, han considerado que los parámetros de temperatura tengan un incremento de la misma dentro del circuito eléctrico del equipo, consecuentemente esto aumenta considerablemente el tiempo de vida útil del mismo.



## VIII. RECOMENDACIONES

Siendo el tema muy amplio es que voy a priorizar algunos procedimientos detallados en el presente trabajo tales como:

**La selección:** Cuando tengo que seleccionar las POM debo estar seguro del tipo de sistema eléctrico al cual debe ser integrado por lo que es recomendable aplicar el procedimiento de selección recomendado por los fabricantes. Además, es necesario que la selección y dimensionamiento debe estar diseñado a medida y de acuerdo a las necesidades del sistema eléctrico teniendo en cuenta su criticidad, confiabilidad y fiabilidad.

**En la puesta en servicio:** Los especialistas, antes de instalar las POM, deberán chequear minuciosamente las características eléctricas y mecánicas del sistema. Seguidamente se debe realizar la coordinación de la comunicación, control y protección.

Para las pruebas de operación con carga deberán conectar y desconectar las cargas las que deben hacerse en forma progresiva no en forma brusca, ya que puede deteriorar a los equipos el sistema de accionamiento eléctrico.

**En las redes de comunicación local y remota:** Hoy en día los sistemas eléctricos de potencias comerciales e industriales manejan redes de comunicación que permiten tener interconectados las diversas fuentes de energía disponibles. Estas redes son conectadas a un computador central para de esta forma poder controlar y regular la performance de las cargas del sistema eléctrico.



**Optimización en el control y protección:** Las POM son equipos altamente sofisticados que presenta un control y protección optimizados cuando los equipos se hallan estratégicamente instalados y monitoreados

en forma local o remota, los cuales garantizan la protección, control y gestión de eventos y registro de señales.

En función con el mantenimiento del sistema de transferencia con sincronización automática y el mantenimiento de los compresores se plantea las siguientes recomendaciones:

Es muy necesario hacer un riguroso estudio de coordinación de las protecciones incluyendo el equipamiento completo.

También es vital que se realicen los ajustes de los componentes de accionamiento eléctrico con maletas especializadas ya que nos permitirán la inyección de corrientes frías correspondientes a las zonas de media y baja tensión.

Antes de energizar los equipos debemos estar seguros que estos se encuentran conectados al sistema de aterramiento de esta manera lograremos tener una protección contra contactos directos e indirectos.

En la utilización de grupos electrógenos ante cualquier eventualidad, es decir para el arranque de los mismos ante cualquier corte de energía eléctrica. Debemos considerar los siguientes puntos:

Es necesario programar pruebas en forma periódica del sistema, trabajando a plena carga, estas pruebas tienen por finalidad detectar fallas en el sistema eléctrico y mecánico. Debemos instalar en cada uno de los grupos electrógenos el sistema de precalentamiento para conseguir arranques rápidos y eficientes.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### NORMAS NACIONALES

El MINSA dado sus propias responsabilidades ha elaborado sus propias normas:

- Normas Técnicas de Salud "Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud", NTS N°110-MINSA/DGIEM, de acuerdo a la Ley General de Salud y sus modificatorias N° 26842, Título II, Capítulo II, De los Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo, Artículo 37°.
- R.M. N° 045-2015/MINSA 27/01/2015.
- NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 113-MINSA/DGIEM-V.01
- “INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DEL PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN” - DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MANTENIMIENTO - DGIEM 2015
- R.M. N° 660-2014/MINSA 01/09/2014
- NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 110-MINSA/DGIEM-V.01
- “INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DEL SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN” - DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MANTENIMIENTO - DGIEM 2014
- R.M N° 862-2015/MINSA 29/12/2015
- NORMA TÉCNICA DE SALUD N° 119-MINSA/DGIEM-V.0.
- “INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DEL TERCER NIVEL DE ATENCIÓN” - DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MANTENIMIENTO - DGIEM 2014
- Código Nacional de Electricidad utilización 2006.



- Norma de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión R.D. N° 018-2002-EM/DGE.
- Reglamento Nacional de edificaciones.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
- Norma Técnica Peruana NPT 111.019 – 2004.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas D.S. 9-93-EM
- Ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844.
- Reglamento de seguridad y salud en el trabajo de las Actividades eléctricas.

La fabricación, métodos y frecuencias de prueba de estos cables instalados, cumplirán con las siguientes normas:

- IEC 332-1: Retardación a la llama.
- IEC-332-3: No propagación al incendio.
- NES 713: Emisión de gases tóxicos.
- ICEA T-33-655-1994: Emisión de humos.
- IEC 754-1: Contenido de halógenos.
- IEC 60332 – 3: Prueba de cables condición normal.
- IEC 60331: Pruebas de cables condición incendio.
- IEC 60502 - 1: Fabricación de cables de cobre 1 a 3.6 kV
- IEC 60502 - 2: Fabricación de cables de cobre 6 a 30 kV
- IEC 60228: Materiales aislantes para cables
- IEC 60754 – 2: Métodos de ensayo comunes para cables sometidos al fuego. Ensayo de gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. Parte 1: Determinación de la cantidad de gases halógenos ácidos.



## **NORMAS INTERNACIONALES:**

1. IEEE Std 242 – 1986 Recommended practice for protection and coordination of industrial and comercial power system.
2. Network Protection & Automation Guide- Directional Element Connections for Phase Relays. W.K Sonnemann, Transactions A.I.E.E. 1950.
3. IEEE Std C37.2-1996 Standard Electrical Power System Device Function Numbers and Contact Designations, – Revision of IEEE Std C37.2 – 1991
4. IEEE Std 242 – 2001 Recommended for protection and coordination of industrial and commercial Power System
5. ANSI/IEEE C37.90-1989 Norma de rendimiento para Sistemas de Relé asociados con aparatos de potencia eléctrica
6. IEEE 242 Práctica recomendada de la IEEE para la protección y coordinación de los sistemas de corriente industrial y comercial.
7. IEEE 141 Práctica recomendada para la distribución de corriente eléctrica para plantas industriales.
8. IEC 947-02: Interruptores termomagnéticos
9. IEC 898: Interruptores termomagnéticos minibreaker.
10. IEC 479: Efectos fisiológicos de la electricidad
11. IEC 364: Instalaciones Eléctricas en Edificaciones
12. VDE – 102 Análisis de corto circuito.





## **X. ANEXOS**

- ANEXO A ALCANCES DE LAS PLANTAS DE OXIGENO
- ANEXO B RELE DE SECUENCIA Y FALTA DE FASE
- ANEXO C DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULO DE CABLES Y SISTEMA DE ACCIONAMIENTO.
- ANEXO D CÁLCULO DEL SISTEMA DE ATERRAMIENTO
- ANEXO E DIMENSIONAMIENTO, SELECCIÓN Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE MEDIA TENSIÓN.
- ANEXO F PLANOS DE LA PLANTA MÓBIL
- ANEXO G PLANOS DE LA PLANTA ESTACIONARIA
- ANEXO H MATRIZ DE CONSISTENCIA



# Universidad Nacional del Callao

## Vicerrectorado de Investigación



### **RESOLUCIÓN VICERRECTORAL N° 091-2022-VRI-VIRTUAL, CALLAO, 01 DE DICIEMBRE DE 2022. EL VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO:**

Visto, el Oficio N°37-2022-DII-VRI-VIRTUAL presentado por la directora de la Dirección de Instituto de Investigación mediante el cual remite el Informe N°10-2022-UGI-DII-VRI de la Unidad de Gestión de la Investigación, en el cual indica que el expediente de Informe Final del Mg. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE cumple con los requisitos establecidos en el Reglamento de Participación de los Docentes en Proyectos de Investigación vigente.

#### **CONSIDERANDO:**

Que, mediante Resolución N° 082-2019-CU de fecha 07 de marzo de 2019 se Aprueba el Reglamento de Participación de Docentes en Proyectos de Investigación de la Universidad Nacional del Callao;

Que, el artículo 25° del Reglamento de Participación de los Docentes en Proyectos de Investigación de la Universidad Nacional del Callao, aprobado con Resolución de Consejo Universitario N° 082-2019-CU, establece la obligación del docente responsable del proyecto de investigación de presentar el Informe Final de Investigación, así como, la documentación que forma parte del expediente remitido al Vicerrectorado de Investigación por el Decano de la Facultad;

Que, el artículo 30°. Los directores de las Unidades de Investigación de las Facultades tienen la responsabilidad de informar al Vicerrectorado de Investigación los casos de incumplimiento en la presentación de los informes finales de Investigación, dentro de los plazos establecidos en el presente Reglamento;

Que, mediante Resolución N° 378-2021-R. de fecha 30 de junio del 2021, fue aprobado el Proyecto de Investigación del docente MG. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE, titulado "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS EN EL HOSPITAL DE APOYO DEPARTAMENTAL DEL CUZCO" con cronograma de 12 meses (del 1 de junio de 2021 al 31 de mayo de 2022), y presupuesto s/.2,200.00 (dos mil doscientos y 00/100 soles);

Que, el decano de la FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA mediante el OFICIO N° 1428-2022-DFIEE de fecha 11 de noviembre de 2022, remite el expediente del informe final de investigación titulado "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS EN EL HOSPITAL DE APOYO DEPARTAMENTAL DEL CUZCO" desarrollado por el docente Mg. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE, que contiene la Resolución de aprobación del Comité Directivo de la Unidad de Investigación N° 065-VIRTUAL-2022-DUIFIEE de fecha 7 de noviembre de 2022, Resolución de Consejo de Facultad N° 607-2022-CFFIEE de fecha 9 de noviembre de 2022, solicitud de aprobación de Informe Final del docente Mg. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE y demás documentación;

Que, mediante el Oficio del visto se remite el Informe N°10-2022-UGI-DII-VRI de la Unidad de Gestión de la Investigación, en el cual indica que el expediente de Informe Final del Mg. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE cumple con los requisitos establecidos en el Reglamento de Participación de los Docentes en Proyectos de Investigación vigente;



# Universidad Nacional del Callao

## Vicerrectorado de Investigación



En uso de las atribuciones que le confiere la Resolución del Consejo Universitario N° 060-98-CU del 25 de mayo de 1998, el artículo 29° del Reglamento de Participación de Docentes en proyectos de Investigación y normativo estatutario.


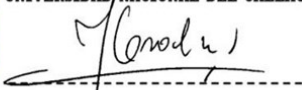
### RESUELVE:

1. Dar conformidad a la presentación y cumplimiento del Informe Final de Investigación titulado "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS EN EL HOSPITAL DE APOYO DEPARTAMENTAL DEL CUZCO" conforme a las siguientes especificaciones:

FACULTAD	:	INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
JEFE DE PROYECTO	:	MG. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE
PROYECTO	:	"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PLANTAS DE OXÍGENO MEDICINAL PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS EN EL HOSPITAL DE APOYO DEPARTAMENTAL DEL CUZCO ""
CRONOGRAMA	:	12 meses (del 1 de junio de 2021 al 31 de mayo de 2022)
PRESUPUESTO	:	S/2,200.00 (dos mil doscientos y 00/100 soles)
RESOLUCIÓN N°	:	N° 378-2021-R

2. Transcribir la presente Resolución al Rector, Vicerrector Académico, Facultad, Unidad de Investigación, Dirección General de Administración, Oficina de Recursos Humanos, Instituto Central de Investigación de Ciencia y Tecnología, interesado, para conocimiento y fines consiguientes.

Regístrese, comuníquese y archívese.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
  
Dr. Juan Herber Grados Camarra  
Vicerrector de Investigación

c.c. Rector, VRA, FIEE, UIFIEE, DIGA  
c.c: ORH, DII, interesado  
c.c.: Archivo