



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **TEMA:**

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A.”

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en la especialidad de Mantenimiento Eléctrico

### **AUTORES:**

Fuentes Calderón Edgar Patricio

Pozo Benavides Lenin Marcelo

### **DIRECTOR:**

Ing. Mauricio Vásquez

Ibarra, 2013

## **ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

Una vez concluido todo el proceso investigativo del Trabajo de Grado denominado “DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A.”, certifico que el mismo puede ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal.

**En la ciudad de Ibarra, junio del 2013**

**Firma.....**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación queremos dedicar a Dios, quien nos ha dado la sabiduría y fortaleza para poder concluir el presente trabajo; a nuestros padres, quienes han sido el apoyo y soporte durante nuestros estudios universitarios, y mediante su amor, tolerancia y cariño nos han dado la fortaleza necesaria para poder hoy convertirnos en profesionales y ver cristalizados nuestros ideales de ser Ingenieros en Mantenimiento Eléctrico y con nuestros conocimientos poder aportar a la sociedad y a las nuevas generaciones

Edgar Patricio  
Lenin Marcelo

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar esta investigación realizada en el período lectivo 2012-2013, queremos expresar nuestros reconocimientos a las siguientes personas e instituciones:

A las Autoridades y Docentes de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte, por darnos una educación de calidad y calidez, y por formarnos como verdaderos profesionales.

Al Ing. Mauricio Vásquez, quien en calidad de Tutor, nos guió en el desarrollo de esta investigación, así como también dedicó todo su tiempo en calidad de maestro y amigo.

A los propietarios de la empresa Gardaexport S.A., que colaboraron en la investigación de campo y fueron un elemento esencial en el desarrollo del proyecto.

Edgar Patricio  
Lenin Marcelo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xi
ÍNDICE DE DIAGRAMAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Planteamiento del problema .....	4
1.3 Formulación del problema.....	5
1.4 Delimitación .....	5
1.4.1 Delimitación espacial .....	5
1.4.2 Delimitación temporal.....	5
1.4.3 Delimitación tecnológica .....	6
1.4.4 Delimitación teórica.....	6
1.5 Objetivos .....	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos .....	6

1.6 Preguntas de investigación .....	7
1.7 Justificación .....	7
1.8 Aporte .....	9
CAPÍTULO II.....	10
2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Fundamentación tecnológica .....	10
2.2 Planificación del sistema de riego.....	11
2.2.1 Bomba.....	11
2.2.2 Sistemas de bombeo .....	12
2.2.2.1 Capacidad de flujo .....	13
2.2.2.2 Altura dinámica total .....	15
2.2.2.3 Limitaciones del lado de succión .....	21
2.2.2.4 Eficiencia y potencia .....	27
2.2.2.5 Selección de la bomba.....	28
2.2.3 Características especiales de los motores para uso con variadores de frecuencia .....	29
2.3 Automatismos eléctricos e industriales .....	30
2.3.1 Introducción .....	30
2.3.2 Automatización .....	30
2.4 Sistema de distribución.....	37
2.4.1 Introducción .....	37
2.4.2 Sistemas de distribución .....	37
2.4.3 Normas para los sistemas de distribución .....	42
2.5 Variadores de frecuencia .....	43
2.5.1 Cómo funciona un variador de frecuencia.....	44

2.5.2 Selección del variador de frecuencia .....	45
2.6 Sistemas de puestas a tierra.....	48
2.7 Glosario de términos .....	51
CAPÍTULO III.....	53
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.1 Tipo de investigación .....	53
3.1.1 Investigación tecnológica .....	53
3.1.2 Investigación aplicada.....	53
3.1.3 Investigación de campo .....	54
3.2 Métodos .....	54
3.2.1 Método teórico .....	54
3.2.2 Técnicas e instrumentos .....	54
CAPÍTULO IV.....	56
4. PROPUESTA.....	56
4.1 Diagnóstico .....	56
4.1.1 Situación actual Gardaexport S.A. ....	56
4.1.2 Proceso instalado .....	56
4.1.3 Consumo eléctrico e hídrico.....	56
4.2 Justificación .....	57
4.3 Objetivo general.....	58
4.3.1 Objetivos específicos .....	58
4.4 Diagnóstico situacional .....	58
4.4.1 Proceso proyectado .....	58
4.4.2 Propuesta de modelo de riego integral .....	59

4.5	Planificar el sistema de riego Gardaexport S.A.....	59
4.5.1	Capacidad de flujo .....	59
4.5.2	Altura dinámica total .....	60
4.5.2.1	Altura estática: .....	61
4.5.2.2	Altura dinámica .....	61
4.5.3	Cálculo de la altura dinámica total (TDH).....	63
4.5.4	Cálculo de limitación del lado de la succión.....	65
4.5.5	Cálculo de la potencia de la bomba sumergible.....	65
4.5.6	Selección de la bomba.....	65
4.6	Diseño del sistema de automatización y control .....	68
4.6.1	Diseño del esquema eléctrico de control y fuerza.....	70
4.7	Suministro eléctrico.....	73
4.7.1	Diseño de la red de distribución.....	74
4.7.2	Descripción actual y proyectada .....	75
4.7.3	Descripción de la red de distribución primaria .....	75
4.7.4	Cálculo de la caída de voltaje en la red de distribución medio voltaje .	76
4.7.5	Descripción del sistema de protección del centro de transformación y de red secundaria .....	77
4.7.6	Sistema de puesta a tierra .....	78
4.7.7	Estructuras y soportes .....	79
4.7.8	Descripción del centro de transformación.....	80
4.7.9	Descripción de la red de distribución secundaria subterránea y sistema de medición .....	80
4.7.10	Cálculo de la caída de voltaje en la red de distribución secundaria...	81
4.8	Selección del variador de frecuencia .....	82
4.8.1	Características del convertidor de frecuencia utilizado .....	83

4.9 Análisis.....	84
4.9.1 Demanda proyectada total.....	84
4.9.2 Comparación de consumo sistema (inicial) vs automático .....	85
4.9.2.1 El sistema de riego inicial.....	85
4.9.2.2 Sistema de riego control automático.....	86
4.9.3 Ahorro de energía .....	87
4.9.4 Análisis comparativo del sistema inicial vs automático.....	89
4.10 La modularidad del sistema del variador de frecuencia .....	92
4.10.1 Componentes principales del variador de frecuencia.....	93
4.10.2 Panel de Operación Inteligente (IOP).....	94
4.10.3 Puesta en marcha.....	94
4.10.4 Preparación de la puesta en marcha .....	96
4.10.5 Datos de placa del motor utilizados para la programación del variador de frecuencia .....	97
4.10.6 Entrada analógica como entrada de tensión o de intensidad.....	99
4.10.7 Característica de normalización de la entrada analógica.....	99
4.10.8 Vista general de las funciones del variador de frecuencia.....	100
4.10.9 Velocidad fija como fuente de consigna.....	100
4.10.9.1 Procedimiento .....	101
4.10.9.2 Acondicionamiento de consigna .....	102
4.10.10 Regulación del motor .....	103
4.10.10.1 Control por U/f o regulación vectorial.....	103
4.10.10.2 Control por U/f.....	104
4.10.10.3 Control por U/f con característica lineal y parabólica .....	104
4.10.11 Funciones de protección .....	105
4.10.11.1 Vigilancia de temperatura del convertidor .....	106

4.10.12 Regulador tecnológico (PID) .....	106
4.10.12.1 Modo de funcionamiento del regulador tecnológico PID .....	107
Conclusiones: .....	108
La experiencia adquirida durante el desarrollo de este proyecto permite a los autores recomendar: .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de pérdidas por fricción .....	18
Tabla 2: Pérdidas de carga por fricción de los componentes según la fórmula de Hazen-Williams .....	19
Tabla 3: Presión atmosférica .....	25
Tabla 4: Cálculo de la demanda para un transformador .....	38
Tabla 5: Cuadro de caída de voltaje .....	40
Tabla 6: Cálculo para la determinación del variador de frecuencia (VFD). .....	46
Tabla 7: Resistencia de tierra para electrodos más comunes.....	50
Tabla 8: Cálculo de toma a tierra según NTE .....	51
Tabla 9: Pérdidas por fricción individual del sistema de riego. ....	62
Tabla 10: Especificaciones eléctricas del transductor.....	69
Tabla 11: Cálculo de la demanda de diseño para el transformador.....	74
Tabla 12: Caída de voltaje en la red de distribución medio voltaje .....	77
Tabla 13: Sistema de protección del centro de transformación .....	78
Tabla 14: Caída de voltaje en la red de distribución secundaria.....	82
Tabla 15: Unidad del sistema de riego.....	84
Tabla 16: Datos de la bomba centrífuga Berkeley con el sistema inicial. ....	85
Tabla 17: Datos de la bomba sumergible con el sistema automático. ....	86
Tabla 18: Ahorro de energía .....	88
Tabla 19: Consumo eléctrico sistema inicial .....	89
Tabla 20: Consumo eléctrico sistema automático.....	90
Tabla 21: Análisis Comparativo .....	92

Tabla 22: Parámetros para seleccionar directamente las consignas fijas. .....	101
Tabla 23: Ajustes de parámetros del ejemplo .....	102
Tabla 24: Parámetros de reacción del convertidor.....	106
Tabla 25: Parámetros del regulador tecnológico.....	107

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: Capacidad de flujo .....	13
Ilustración 2: Red de medio voltaje .....	76

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Capacidad del sistema basada en el valor total de los puntos de consumo .....	14
Gráfico 2: Altura dinámica total del sistema .....	15
Gráfico 3: Tabla de rendimiento THD- GPM .....	21
Gráfico 4: Cálculo del NPSHA (disponible).....	23
Gráfico 5: Presión atmosférica.....	25
Gráfico 6: Presión de vaporización del fluido. ....	27
Gráfico 7: Curva de rendimiento en base a la capacidad de flujo con respecto a la altura dinámica total. ....	28
Gráfico 8: Esquema interno del módulo de fuerza del variador de frecuencia .....	44
Gráfico 9: Electrodo Químico Parres ET .....	48
Gráfico 10: Curvas de rendimiento de bombas sumergibles. ....	64
Gráfico 11: Especificaciones eléctricas de la bomba Franklin Electric.....	68
Gráfico 12: Consumo eléctrico sistema manual.....	90
Gráfico 13: Consumo eléctrico sistema automático. ....	91
Gráfico 14: Consumo eléctrico comparativo .....	91
Gráfico 15: Regleta de bornes del (IOP) CU240E-2 .....	94
Gráfico 16: Secuencia de puesta en marcha o diagrama de flujo.....	95

Gráfico 17: Parámetros de la unidad de control P 0300 .....	97
Gráfico 18: Preasignación general de la regleta de bornes en la unidad de control CU240E.....	98
Gráfico 19: Acondicionamiento de consigna en el variador de frecuencia. ....	103
Gráfico 20: Control U/F características parabólicas.....	105
Gráfico 21: Esquema de control de consignas para transductores de presión. ....	106

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Esquema general de bombeo .....	12
Diagrama 2: Esquema de cálculo de altura estática .....	16
Diagrama 3: Pérdidas de altura dinámica. ....	17
Diagrama 4: Diagrama universal utilizado en un automatismo .....	31
Diagrama 5: Representación real para el cálculo de alturas estáticas y dinámicas.....	61

## RESUMEN

El presente proyecto denominado **“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A.”**, se realizó con la intención de contribuir ciertamente con el progreso de la industria florícola de la región sierra de nuestro país desde un enfoque productivo- financiero pero básicamente para demostrar que la tecnología actual debe contribuir a beneficiar el medio ambiente haciendo eficiente el uso de los escasos recursos que se necesitan para mantener nuestro modo de vida: el agua y la energía, se demostró que el uso de la tecnología disponible evaluada en forma técnica, ciertamente contribuye a ese objetivo; se efectuó un trabajo arduo en la zona bajo intervención midiendo la necesidad del recurso hídrico para la plantación, evaluando las mejores formas de llevarlo a las 4 áreas definidas y de esa forma se logró establecer las necesidades de equipos para cumplir las metas propuestas, se espera que este trabajo sirva de base para otras empresas de la industria fomentando un uso discreto pero suficiente de los recursos necesarios para la realización de la actividad florícola en la zona.

## **SUMMARY**

This project called "DIAGNOSTIC TECHNOLOGY AND PROPOSAL THAT ALLOWS DESIGN AND AUTOMATE THE CONTROL OF THE IRRIGATION SYSTEM FOR THE OPTIMIZATION OF WATER AND ENERGY SAVINGS IN THE COMPANY GARDAEXPORT S.A. ", was carried out with the intention of certainly contribute to the progress of the floricultural industry in the sierra region of our country from a productive approach- but basically financial to demonstrate that current technology should contribute to benefit the environment by making efficient use of scarce resources that are needed to sustain our way of life: water and energy, it was demonstrated that the use of the available technology evaluated in technical form, certainly contributes to this goal; carried out a hard work In the area under intervention by measuring the need of the water resource for the plantation, evaluating the best ways to bring it to the 4 defined areas and in this way, it succeeded in establishing the needs of equipment to meet the proposed goals, it is expected that this work will serve as a basis for other companies in the industry by fostering a discreet but sufficient use of the resources necessary for the realization of the floricultural activity in the area.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó siguiendo las directrices de la **FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**, el primer capítulo titulado “Problema de Investigación” plantea el problema, delimita el tiempo y área de la investigación, expone el objetivo general y los específicos a alcanzar en el desarrollo del trabajo.

El segundo capítulo, “Marco Teórico” recopila el conocimiento desarrollado por autores expertos en el tema sobre energía, sistemas de riego y automatización de este, se intentó abordar aquella bibliografía más reciente dada la velocidad de cambio de esta tecnología.

El tercer capítulo llamado “Metodología de la Investigación” expone el tipo de investigación efectuada, los métodos y técnicas aplicadas para alcanzar los objetivos propuestos.

El cuarto capítulo “Propuesta”, presenta a la empresa **Gardaexport S.A.** una alternativa al sistema de riego utilizado actualmente, la solución planteada intenta utilizar la mayor parte de la infraestructura utilizada actualmente para evitar incurrir en gastos innecesarios, se mantiene la actual micro división existente sin embargo se introduce una macro división más eficiente lo que permite hacer más eficiente el uso de los recursos tecnológicos necesarios para la puesta en práctica del proyecto.

Por último, se incluye un anexo donde se presenta la investigación de campo efectuada a administradores o propietarios de empresas del sector

dedicadas a la misma actividad económica, esta investigación se orienta a conocer el punto de vista de estos empresarios en relación la eficiencia de los sistemas de riego que ellos utilizan en sus negocios.

## **CAPÍTULO I**

### **1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

Antes de que inicie la producción de plantación de flores, los productores ya estuvieron preocupados en captar mercados, conscientes de que el producto tendría calidad suficiente para llegar a cualquier parte del mundo. Las flores en efecto, impresionaron gratamente en Estados Unidos y en Europa generando buenos negocios que las colocaron en niveles impensados. Para nadie es desconocido que la flor ecuatoriana es de mejor calidad que la flor centro americana o colombiana.

La floricultura ecuatoriana está entrando en un proceso de maduración ya que son circunstancias propias de una industria joven que ha empezado a experimentar sus primeras grandes dificultades, pero que sigue mirando hacia el futuro para salir fortalecida si se trabaja con fe y tenacidad.

En la provincia de Pichincha, la empresa Gardaexport S.A. se fundó en el año 2000; está ubicada en la panamericana Norte Km. 11/2 vía a Otavalo sector Nápoles, Cayambe- Ecuador. La ubicación geográfica, el micro clima y la altura singular de este sector, han convertido al Ecuador en uno de los más importantes exportadores de flores del mundo, durante los últimos 14 años. La empresa Gardaexport S.A. se dedica a la producción y exportación de flores de los siguiente tipos: Rosa Estándar y Alstroemeria, desde entonces la empresa ha ido aumentando su

infraestructura productiva. Exportando actualmente flores a Europa en general, Estados Unidos, Asia.

Su misión: La empresa Gardaexport S.A. ofrece a sus clientes flores de exportación, garantizadas bajo estrictos estándares de seguridad, calidad y gestión ambiental en todos sus procesos, abalizados mediante sistemas que brindan confianza dentro y fuera de la organización.

Su visión: Gardaexport S.A. en el periodo 2012-2016 posicionará su producto con calidad Premium en nuevos nichos de mercado cubriendo de una manera segmentada el espectro mundial. Gardaexport incrementará su producción en la medida que posicione su producto en los nichos antes mencionados manteniendo siempre sus estándares de calidad.

## **1.2 Planteamiento del problema**

En el Ecuador una de las principales provincias exportadoras de flores es Pichincha, en esta provincia se encuentra la más grande concentración de empresas exportadoras de flores de alta calidad, entre las más destacadas está la empresa Gardaexport S.A., que en el año 2011 extendió sus predios, buscando lograr estándares más altos de calidad.

En la actualidad la necesidad de optimizar recursos vitales como el agua y la energía eléctrica, con fines de superar la crisis ambiental que se vive, hace que las empresas implementen nuevos sistemas encaminados al uso adecuado de uno de los principales recursos de vida que es el agua. La empresa Gardaexport S.A., tiene un sistema de riego ineficiente,

ya que no posee tecnologías actuales que le permitan tener un sistema de control para todos los procesos que intervienen en el sistema de riego, logrando disminuir el consumo excesivo de agua y energía eléctrica.

Por lo cual, el presente proyecto permitirá tener un control adecuado de procesos en el sistema de riego, ayudando a la optimización de agua y el ahorro de energía eléctrica.

### **1.3 Formulación del problema**

¿CÓMO REALIZAR UN DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A.?

### **1.4 Delimitación**

#### **1.4.1 Delimitación espacial**

El control del sistema de riego se llevará a cabo en las instalaciones de la empresa Gardaexport S.A., que permitirá el manejo razonable y eficaz de los recursos existentes agua y electricidad.

#### **1.4.2 Delimitación temporal**

Este control del sistema de riego se llevará a cabo el 2 de diciembre del 2012 y concluirá el 5 de junio del 2013.

### **1.4.3 Delimitación tecnológica**

- a) Planificar el sistema de riego para la demanda proyectada actual
- b) Diseñar el sistema de automatización y control
- c) Unidad de control
- d) Suministro eléctrico

### **1.4.4 Delimitación teórica**

Estudio del cálculo de diseño para el sistema de riego, utilizando bombas sumergibles de velocidad variable.

Estudio de los sistemas de automatización y control, mediante controladores (variador de frecuencia). Estudio del diseño del suministro eléctrico para la demanda proyectada.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar e implementar el control del sistema de riego en la empresa Gardaexport S.A., que contribuya con la optimización del uso de agua y ahorro de energía eléctrica.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- e) Diagnosticar y determinar el estado actual de los sistemas de riego en la empresa Gardaexport S.A. para establecer la demanda requerida

del sistema de riego y buscar un grado de eficiencia en la utilización de la energía.

- f) Establecer fundamentos teórico-científicos que sustente la propuesta sobre el diseño e implementación para el sistema de automatización y control.
- g) Determinar los niveles de tensión requeridos en el suministro eléctrico del proyecto, para implementar la red de distribución de media tensión aplicando estrictamente las normas de distribución emitidas por EMELNORTE S.A.
- h) Identificar y diseñar el control adecuado para el sistema de riego.

## **1.6 Preguntas de investigación**

- ¿Cómo diagnosticar y determinar el estado actual del sistema de riego para establecer la demanda requerida del sistema de riego y buscar un grado de eficiencia en la utilización de energía?
- ¿Cómo se calcula la bomba para el sistema de riego y sistema de automatización y control?
- ¿Cuáles son los niveles de tensión requeridos en el suministro eléctrico del proyecto?
- ¿Cómo identificar y diseñar el control adecuado para el sistema de riego?

## **1.7 Justificación**

Las nuevas tendencias hacia un mercado global marcan un nuevo esquema competitivo para las industrias florícolas y mercados de todo tipo. Las empresas locales abandonan su tradicional nacionalismo y regionalismo y avanzan rápidamente hacia la internacionalización. El

Ecuador en los últimos años está incursionando en la incorporación de productos no tradicionales principalmente para la exportación teniendo gran éxito, entre estos están las rosas.

Esta investigación se constituirá en base importante para apoyar el manejo razonable y eficaz de los recursos existentes de agua y electricidad; siendo un aporte ambiental buscando métodos de riego precisos y eficaces para el rendimiento del uso del agua, así como la implementación de medidas de eficiencia energética orientadas a disminuir la demanda, para generar importantes beneficios en ahorros de energía. Es muy importante estar a la vanguardia de la tecnología para poder satisfacer las necesidades que se producen en el campo industrial y profesional. La necesidad de ser más eficientes en el uso de la energía y recursos vitales, ha determinado la formación de empresas de servicios energéticos, que ofrecen servicios integrados de energía.

Por esta razón es necesario implementar un sistema de riego el cual permitirá ahorrar energía eléctrica y un uso más adecuado de los recursos hídricos, los cuales están siendo desperdiciados, ya que el sistema que se está utilizando no permite ser eficientes.

El objetivo primordial del control del sistema de riego es distribuir el recurso hídrico a cada uno de los invernaderos, de tal manera que se reduzca el índice de pérdidas de agua y energía eléctrica. Ayudando a la empresa a mejorar la producción ya que la inversión es encaminada a mejorar los niveles de calidad del producto. Los niveles se establecen no solo por producir flores de buena calidad, sino también la contribución aportada de la empresa hacia el medio ambiente, optimizando recursos de vital importancia para la existencia de los seres vivos.

## **1.8 Aporte**

La presente investigación es de carácter tecnológico y científico, el cual está encaminado, a aportar un estudio de procesos automáticos de controles precisos. Esto permitirá realizar un sistema que esté a la vanguardia tecnológica, que aportará un ahorro eléctrico considerable y buen uso de los recursos hídricos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentación tecnológica

*“El agua, una lucha por la vida”, la iniciativa de proteger los recursos hídricos tomó forma con la resolución de la asamblea general de las naciones unidas, en diciembre de 1992, declarando al 22 de marzo como el Día Mundial del Agua. El tema de la celebración para este año es la cooperación con el agua, bajo la consideración de que su uso eficiente y sostenible conlleva a estimular un mayor acceso al agua. La preocupación global nace de una simple reflexión, si bien el 71% de la Tierra está cubierta por agua, solo el 2% de ella es dulce.*

*Nuestro país es un paraíso acuífero. Las reservas que existen son abundantes y la demanda está satisfecha, sin embargo no serán inagotables.*

*“En el Ecuador los puntos de agua constituyen un recurso estratégico en la provisión del líquido vital y no existe una planificación adecuada para su aprovechamiento, lo que podría ocasionar en corto o largo plazo, un deterioro de estas fuentes, tal y como se evidencia en la cuenca baja del Guayas. En donde se perforaron cientos de pozos. Se estima que en este sector, la explotación superaría el millón de metros cúbicos al día”([www.elciudadano.gob.ec](http://www.elciudadano.gob.ec), 24 mayo 2011).*

Las instituciones públicas y privadas han emprendido en actividades para incentivar y elevar el sentido de protección que debemos tener con este recurso, de ahí la iniciativa de utilizar procesos con tecnologías actuales que permitan optimizar el agua y ahorrar energía.

## **2.2 Planificación del sistema de riego**

### **2.2.1 Bomba**

“La bomba es una de las primeras máquinas creada para sustituir con energía natural el esfuerzo físico humano. La bomba permanece seguramente como la segunda máquina de uso más común, excedida en número sólo por los motores eléctricos” (BLAIR, 2004).

“Las bombas se clasifican según su estructura en:

a) **Dinámicas:** Las bombas dinámicas generan velocidad y presión a los fluidos cuando este desplaza por el impulsor de la bomba, este impulsor gira a revoluciones muy altas, transformando la velocidad del fluido en presión, dentro de estas se puede citar:

- Bombas centrífugas
- Bombas jet
- Bombas tipo turbina
- Bombas y motores sumergibles
- Bombas electromagnéticas

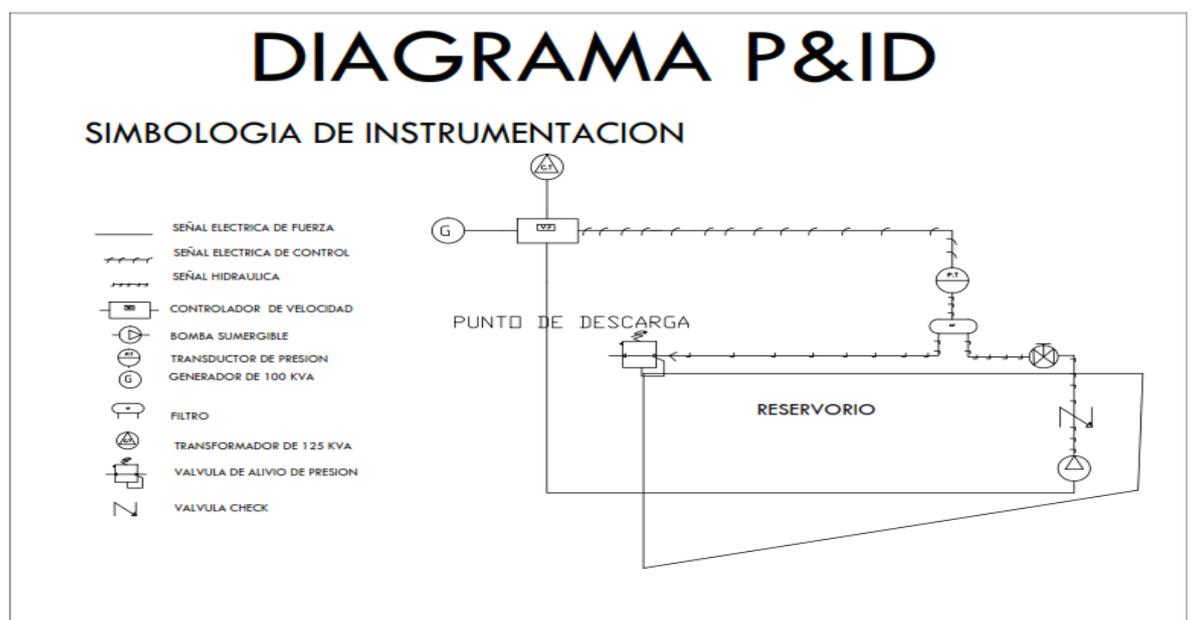
b) **Desplazamiento:** En las que la energía es periódicamente adicionada por la aplicación de fuerza a uno o más cuerpos movibles, dentro de estas se puede citar:

- Bombas rotatorias
- Bombas de pistón
- Bombas de desplazamiento positivo”(BLAIR, 2004)

### 2.2.2 Sistemas de bombeo

El presente estudio, es la automatización y control de procesos en sistemas de riego, el presente diagrama 1 muestra el esquema de instrumentación P&ID, como está distribuido los dispositivos y elementos en el sistema de riego desarrollado en la empresa Gardaexport S.A.

**Diagrama 1: Esquema de instrumentación P&DI**



Elaborado por: Los autores

“Para el cálculo de un sistema de bombeo se considera los siguientes parámetros:

- a) Capacidad de flujo
- b) Altura dinámica total
- c) Limitación del lado de succión (NPSH)”(VIEJO, 2004)

### 2.2.2.1 Capacidad de flujo

“La cantidad de líquido fluyendo a través del sistema de bombeo se conoce como capacidad o tasa de flujo”(REVENGA, 2008). A continuación se puede demostrar con un ejemplo real la capacidad de flujo, la ilustración 1 es una prueba de funcionamiento que se realizó para determinar el sentido de giro correcto.

#### Ilustración 1: Capacidad de flujo



Elaborado por: Los autores

Para determinar la capacidad de flujo se realizará el siguiente ejemplo: Identificar la capacidad de flujo de un sistema de riego, donde los requerimientos de la florícola son necesarios como la cantidad de puntos

de gasto por cada bloque de flores a regar, y el número de bloques. Los siguientes datos son:

Puntos de gasto: 3 (por invernadero)

Bloques: 10 Bloques

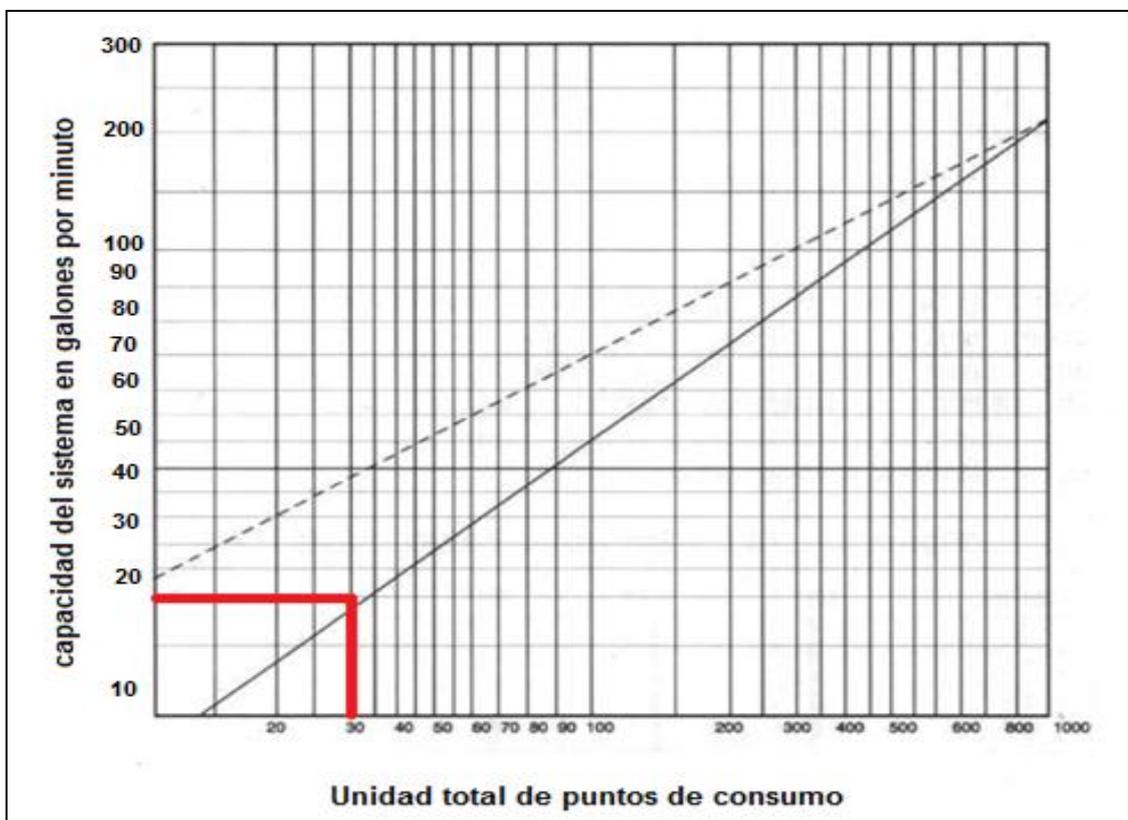
Se establece los puntos de gasto total requeridos por la florícola, donde son:

Puntos totales = puntos de gasto x # de bloques

Puntos totales = 30

Finalmente, con este resultado se determina la capacidad de flujo del sistema basada al total de puntos de consumo que se demuestra en el Gráfico 1.

**Gráfico 1: Capacidad del sistema basada en el valor total de los puntos de consumo**



Fuente: Goulds Pumps

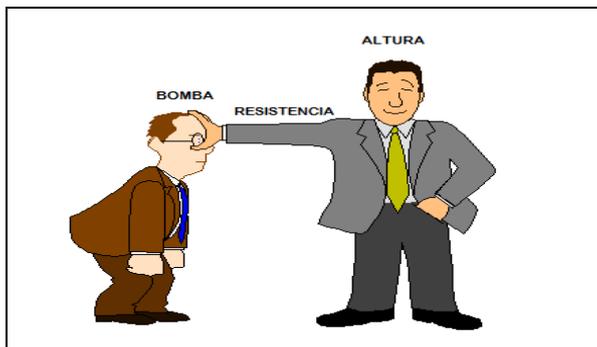
En el gráfico 1, se tiene una curva ascendente, proporcional a la cantidad de puntos totales de consumo, donde se aplicará los datos obtenidos, 30 puntos de consumo, con respecto a la curva, la capacidad de flujo es 18 galones por minuto.

### 2.2.2.2 Altura dinámica total

Una bomba debe vencer la resistencia de un sistema de bombeo para lograr que el líquido fluya totalmente en el sistema.

“La resistencia al flujo del líquido es conocida como altura dinámica total del sistema (TDH). Se refiere al desnivel que se tiene cuando se trabaja con una superficie irregular”(PORTER, 2005), lo podemos entender mejor en el presente gráfico 2.

#### Gráfico 2: Altura dinámica total del sistema



Fuente: Goulds Pumps

“La altura dinámica total (TDH) es la suma de dos partes:

$$\begin{array}{r} \textit{Alturaestática} \\ + \\ \textit{Alturadinámica} \\ \hline \textit{Alturadinamicatotal} \end{array}$$

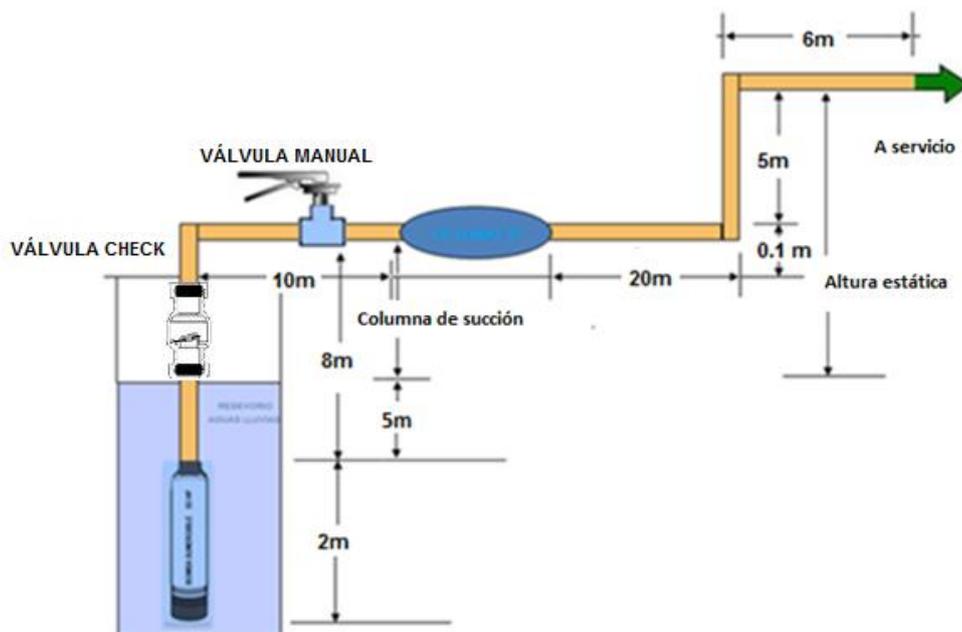
(PORTER, 2005)

Nota: Todos los valores de altura son medidos en metros o pies.

- **Altura estática**

Altura estática representa la resistencia del sistema antes de que el fluido entre en movimiento. Los componentes primarios de la altura estática son las diferencias de elevación entre, la superficie del líquido al punto de succión denominada columna de succión y la superficie de líquido al punto de descarga (PORTER, 2005), que se muestran en el esquema del diagrama 2.

**Diagrama 2: Esquema de cálculo de altura estática**



Elaborado por: Los autores

Donde la altura estática es igual a la altura del nivel mínimo hasta el punto de descarga que es 8 metros, la columna de succión es 5 metros, porque se conoce a la succión inundada como sección positiva, más la altura hasta el punto de descarga, donde se determina la altura estática en la siguiente forma:

$$Altura\ estática = 3 + 5 + 0,1 = 8,1\ metros$$

- **Altura dinámica**

Altura dinámica representa la resistencia del sistema mientras el fluido bombeado está en movimiento, donde se tiene pérdidas de altura dinámica, las mismas que aparecen una vez que el líquido comienza a fluir a través del sistema de bombeo. Estas pérdidas son debidas a la fricción a lo largo de la red de distribución de riego (PORTER, 2005) donde el diagrama 3 se puede constatar las pérdidas de altura dinámica que se tiene en el punto de partida hasta el último punto de consumo determinando que las pérdidas a lo largo de la red de distribución de riego son 16 psi registradas mediante las pruebas de funcionamiento en el mes de mayo del 2013.

**Diagrama 3: Pérdidas de altura dinámica.**



Fuente: Goulds Pumps

Las pérdidas de altura dinámica están compuestas de dos partes:

- Pérdidas por fricción de los elementos del sistema de bombeo y la longitud de la tubería
  - Columna de velocidad.

## Pérdidas por fricción

Las pérdidas por fricción se incrementan drásticamente cuando se aumenta la capacidad. Lo mencionado se reafirma cuando se observa la tabla 1, de pérdidas por fricción, según la fórmula de Hazen Williams para cada diámetro de tubería calculada por el fabricante.

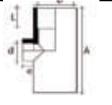
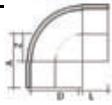
**Tabla 1: Tabla de pérdidas por fricción**

D. Nominal (mm)		20		25		32		40		50		63	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm												
0.01	0.16	0.02	0.04										
0.02	0.32	0.08	0.09	0.02	0.05								
0.04	0.63	0.29	0.18	0.08	0.11								
0.06	0.95	0.62	0.26	0.18	0.16								
0.08	1.27	1.06	0.35	0.30	0.21								
0.10	1.59	1.61	0.44	0.46	0.26								
0.20	3.17	5.80	0.88	1.65	0.53	0.43	0.30						
0.30	4.76	12.30	1.32	3.50	0.79	0.91	0.45						
0.40	6.34	20.95	1.76	5.97	1.05	1.55	0.61						
0.50	7.93	31.68	2.20	9.02	1.32	2.35	0.76	0.72	0.47				
0.60	9.51	44.40	2.64	12.65	1.58	3.29	0.91	1.01	0.56				
0.70	11.10			16.83	1.84	4.38	1.06	1.34	0.65				
0.80	12.68			21.55	2.10	5.61	1.21	1.71	0.74				
0.90	14.27			26.80	2.37	6.98	1.36	2.13	0.84	0.66	0.52		
1.00	15.85			32.58	2.63	8.49	1.51	2.59	0.93	0.81	0.58		
1.20	19.02					11.89	1.82	3.63	1.12	1.13	0.69		
1.40	22.19					15.82	2.12	4.83	1.30	1.51	0.81	0.46	0.50
1.60	25.36					20.26	2.42	6.19	1.49	1.93	0.92	0.59	0.57
1.80	28.53					25.20	2.73	7.69	1.67	2.40	1.04	0.73	0.64
2.00	31.70							9.35	1.86	2.92	1.15	0.89	0.71

Fuente: Plastigama

En la tabla 2 muestra un desglose de pérdidas de carga por fricción en metros de columna de agua por cada 100 metros de tubería, se denomina Pc y las pérdidas de cada componente utilizado en el sistema. Las tablas de pérdidas de los componentes utilizados para el sistema de riego pueden ser obtenidas del fabricante uno de los más conocidos Plastigama.

**Tabla 2: Pérdidas de carga por fricción de los componentes según la fórmula de Hazen-Williams**

DIÁMETRO NOMINAL (milímetros)		20	25	32	40	50	63	75	90	110	160	200
<b>PÉRDIDAS DE CARGA (metros)</b>												
TEE		0,7	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	3,6	5
CODO 90°		1,1	1,2	1,5	2	3,2	3,4	3,7	3,9	4,3	5,4	5,5
CODO 45°		0,4	0,5	0,7	1	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,6	3,5
VÁLVULA CHECK		2,5	2,7	3,8	4,9	6,8	7,1	8,2	9,3	10,4	13,9	17,6
VÁLVULA DE BOLA		11,1	11,4	15	22	35,8	37,9	38	40	42,3	56,7	72,1
TUBERÍA.		31,68	16,83	11,89	9,35	7,17	5,78	3,87	2,55	1,81	0,91	0,72

Fuente: Plastigama

Pérdidas por fricción:

Longitud equivalente de accesorios:

3 Codos de 90° x 32 mm = 3 x 1,5 = 4,5 metros

Longitud Tubería= 8 + 10 + 20 + 5,1 + 6 = 49,1 metros

Pérdidas por fricción = (4,5 + 49,1) x 11,89/100 = 6,37 metros

- o Columna de velocidad

Columna de velocidad, es simplemente función de la velocidad del líquido fluyendo a través del sistema de bombeo. Este valor es

frecuentemente pequeño y generalmente despreciado. Dónde se utiliza la siguiente fórmula:

$$H_v = 0,155 V^2$$

Dónde:

H<sub>v</sub>: Columna de velocidad en metros o pies.

V: Velocidad en pies/segundos.

$$H_v = 0,155 V^2$$

$$H_v = 0,155 \times (2,12)^2$$

$$H_v = 0,69 \text{ metros}$$

Una vez calculado todos los requerimientos la altura dinámica total del sistema (TDH) es la suma de las alturas estáticas y dinámicas del sistema.

En este ejemplo la altura dinámica total es:

### **Calculo de Altura dinámica**

- Altura estática = 8,1 metros
- Pérdidas por fricción = 6,37 metros
- Columna de velocidad = 0,69 metros

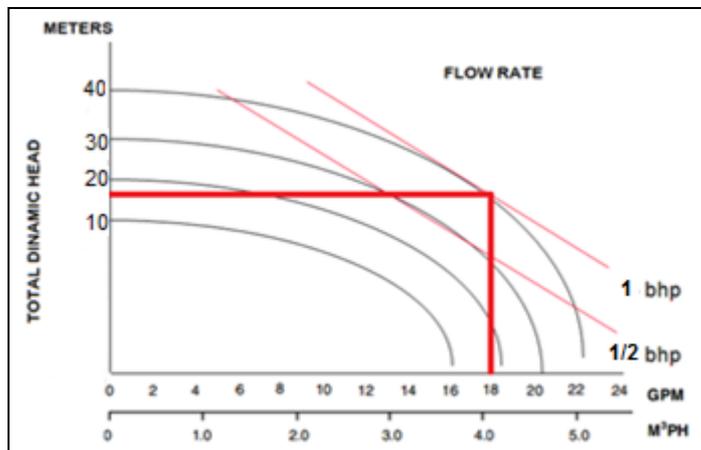
$$TDH = 8,1 + 6,37 + 0,69 = 15,16 \text{ metros}$$

Por lo tanto la altura dinámica es 15,16 metros

Curvas de rendimiento para el cálculo de las especificaciones de la bomba.

La curva de rendimiento para una bomba en particular dependerá de la altura dinámica total con respecto al caudal requerido.

**Gráfico 3: Tabla de rendimiento THD- GPM**



Fuente: Goulds Pumps

Las curvas de rendimiento del gráfico 3, muestran la potencia requerida para operar la bomba en varios puntos a lo largo de su curva. Las potencias mostradas en las curvas, están basadas bombeando agua (G.S. = 1.0) y se tiene la bomba requerida 1hp.

### 2.2.2.3 Limitaciones del lado de succión

“NPSH es el término que describe si las condiciones de presión en el lado de succión son adecuadas para una operación apropiada de la bomba.

Existen dos tipos de NPSH:

El disponible (**NPSHA**) o calculado y el requerido (**NPSHR**), que lo da el fabricante del equipo.

Generalmente se encuentra indicado en las curvas de rendimiento es importante estudiar correctamente las limitaciones del lado de succión, el

90% de los problemas en bombas se deben a condiciones pobres en la succión” (PORTER, 2005)

NPSH – La regla, según ITT Goulds Pumps es una de las marcas más reconocidas y respetadas en la industria mundial, son líderes en fabricación de bombas.

NPSHA debe ser lo suficientemente grande respecto al NPSHR:

$$NPSHA \geq NPSHR + 3$$

Con esto se evitan problemas como:

- Bajo rendimiento de la bomba
- Excesiva vibración y operación con ruido
- Falla prematura de los componentes
- Cavitación

Para calcular el NSPHA (disponible), se utiliza la fórmula citada a continuación:

$$NSPHA = PB + HS - HF - PV$$

Donde:

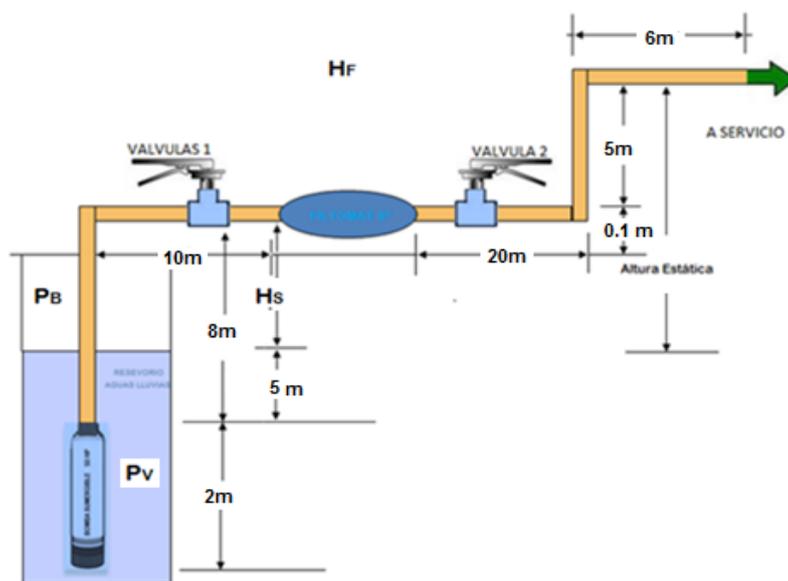
PB = presión atmosférica (Barométrica), presión sobre la superficie de succión.

HS = la más baja altura del fluido respecto a la línea central(pies).

HF = pérdidas de fricción desde la superficie del fluido hasta la línea central(pies).

PV = presión de vaporización del fluido a la máxima temperatura de trabajo(pies).

**Gráfico 4: Cálculo del NPSHA (disponible)**



Elaborado por: Los autores

Consecuentemente, para el desarrollo del cálculo ayudará el gráfico 4, que adquiere el sentido real para el cálculo del NSPHA, por eso se desarrolla el siguiente ejemplo:

La plantación está al pie del volcán Cayambe, a una hora de la ciudad Quito. La montaña Cayambe es un volcán activo con una altitud de 5.790 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los glaciares eternos del volcán garantizan el viento frío sobre los cultivos. De día la temperatura máxima puede rondar los 22° C y por las noches la temperatura mínima desciende a 2°C.

La temperatura promedio es 12°C, Gardaexport S.A. es una plantación a una altitud de 2300 msnm.

Cálculo:

$$\text{NPSHA} = \text{PB} + \text{HS} - \text{HF} - \text{PV}$$

$$\text{NPSHA} = 25.7' + 9.84' - 1.94' - 0.5' = 33.1' \text{ (pies)}$$

- Presión atmosférica (PB).

La presión atmosférica se debe al peso del aire sobre un cierto punto de la superficie terrestre, por lo tanto, es lógico suponer que cuanto más alto esté el punto, tanto menor será la presión, ya que también es menor la cantidad de aire que hay por encima.

Unidades de medida de presión:

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar} = 1 \text{ bar}$$

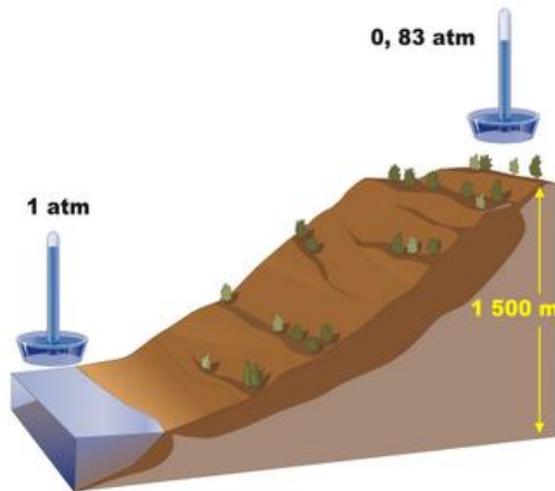
$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kN/m}^2 = 1,01972 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ atm} = 10,332274527999 \text{ m. c. a. (metros de columna de agua)}$$

$$1 \text{ atm} = 14,69594877551 \text{ psi}$$

Ejemplo: Se toma como referencia el nivel del mar, donde la presión atmosférica le asignamos un valor de 1 atm. En una cumbre situada a unos 1500 metros sobre el nivel del mar, la presión atmosférica vale aproximadamente 0,83 atm, es decir, la presión disminuye con la altura como se muestra en gráfico 5.

### Gráfico 5: Presión atmosférica



Fuente: José Alberto Bermúdez. Banco de imágenes ITE

Entonces la tabla 3 se determina la presión atmosférica  $P_B$ , utilizada en la fórmula para el cálculo de NPSHA.

Tabla 3: Presión atmosférica

Altitude		Barometer Reading		Atmos. Press.		Boiling Pt.
Feet	Meters	In. Hg.	Mm. Hg.	Psia	FL. Water	of Water °F
- 1000	- 304.8	31.0	788	15.2	35.2	213.8
- 500	- 152.4	30.5	775	15.0	34.6	212.9
0	0.0	29.9	760	14.7	33.9	212.0
+ 500	+ 152.4	29.4	747	14.4	33.3	211.1
+ 1000	304.8	28.9	734	14.2	32.8	210.2
1500	457.2	28.3	719	13.9	32.1	209.3
2000	609.6	27.8	706	13.7	31.5	208.4
2500	762.0	27.3	694	13.4	31.0	207.4
3000	914.4	26.8	681	13.2	30.4	206.5
3500	1066.8	26.3	668	12.9	29.8	205.6
4000	1219.2	25.8	655	12.7	29.2	204.7
4500	1371.6	25.4	645	12.4	28.8	203.8
5000	1524.0	24.9	633	12.2	28.2	202.9
5500	1676.4	24.4	620	12.0	27.6	201.9
6000	1828.8	24.0	610	11.8	27.2	201.0
6500	1981.2	23.5	597	11.5	26.7	200.1
7000	2133.6	23.1	587	11.3	26.2	199.2
7500	2286.0	22.7	577	11.1	25.7	198.3
8000	2438.4	22.2	564	10.9	25.2	197.4
8500	2590.8	21.8	554	10.7	24.7	196.5
9000	2743.2	21.4	544	10.5	24.3	195.5
9500	2895.6	21.0	533	10.3	23.8	194.6
10000	3048.0	20.6	523	10.1	23.4	193.7
15000	4572.0	16.9	429	8.3	19.2	184.0

Fuente: Valores de la atmósfera estándar internacional (ISA)

- La más baja altura del fluido (HS), respecto a la línea central.

Como se muestra en el gráfico 4, la altura es 4 metros, entonces se transforma a pies de la siguiente manera:

1pie(feet) = 0,3048 metros

3 metros = 9,84' (pies)

- Pérdidas de fricción (HF).

Las pérdidas de fricción en la succión afectan el NPSHA, entre los factores que afectan la fricción en la succión están:

- ✓ Tamaño de la tubería
- ✓ Accesorios y equipos

Cálculo de las pérdidas por fricción:

Longitud equivalente de accesorios: 0 metros

Longitud de Tubería = 5 metros = 16,4' pies.

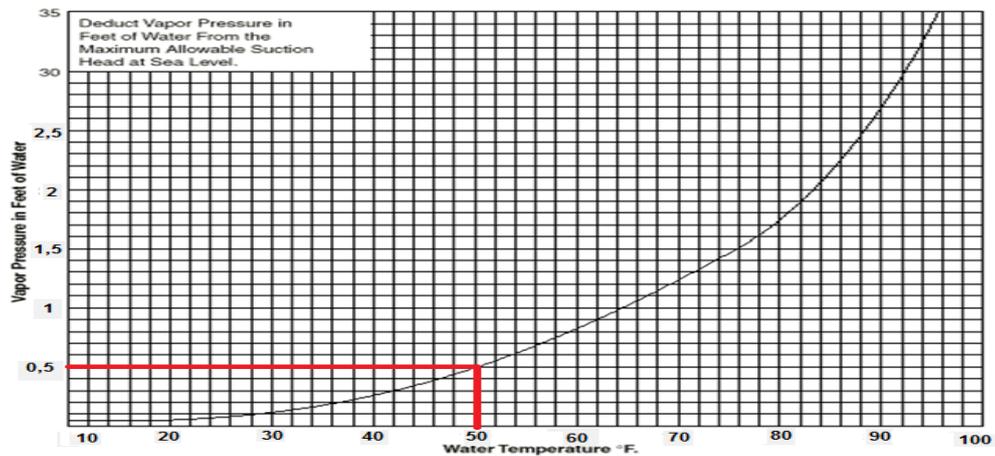
Pérdidas por fricción =  $(0 + 5) \times 11,89/100 = 0,59$  metros = 1,94' pies.

- Presión de vaporización del fluido (PV).

La presión de vapor del fluido debe ser cuidadosamente considerada para asegurar una adecuada operación de la bomba.

En el gráfico 6, la presión de vaporización del agua se determinó mediante la temperatura de 12 grados centígrados que es la temperatura ambiente, con respecto a la curva, PV es igual a 0,5' (pies).

**Gráfico 6: Presión de vaporización del fluido.**



Fuente: Mecánica de fluidos aplicada Robert L.

#### 2.2.2.4 Eficiencia y potencia

Para determinar la potencia de la bomba se recolecta los datos calculados:

Capacidad del fluido: 18 galones por minuto.

Altura dinámica total: 15,16 metros = 49,73' pies.

G.S.: 1.0 (cálculo basado bombeando agua).

La eficiencia: Este dato se designa, basado en el diseño en función de la bomba para un servicio dado.

La fórmula de la potencia es:

$$Potencia(HP) = \frac{Cap.(GPM) \times Alt.(pies) \times GS}{3960 \times Eficiencia}$$

$$(HP) = \frac{18 \times 49,73 \times 1}{3960 \times 0.51}$$

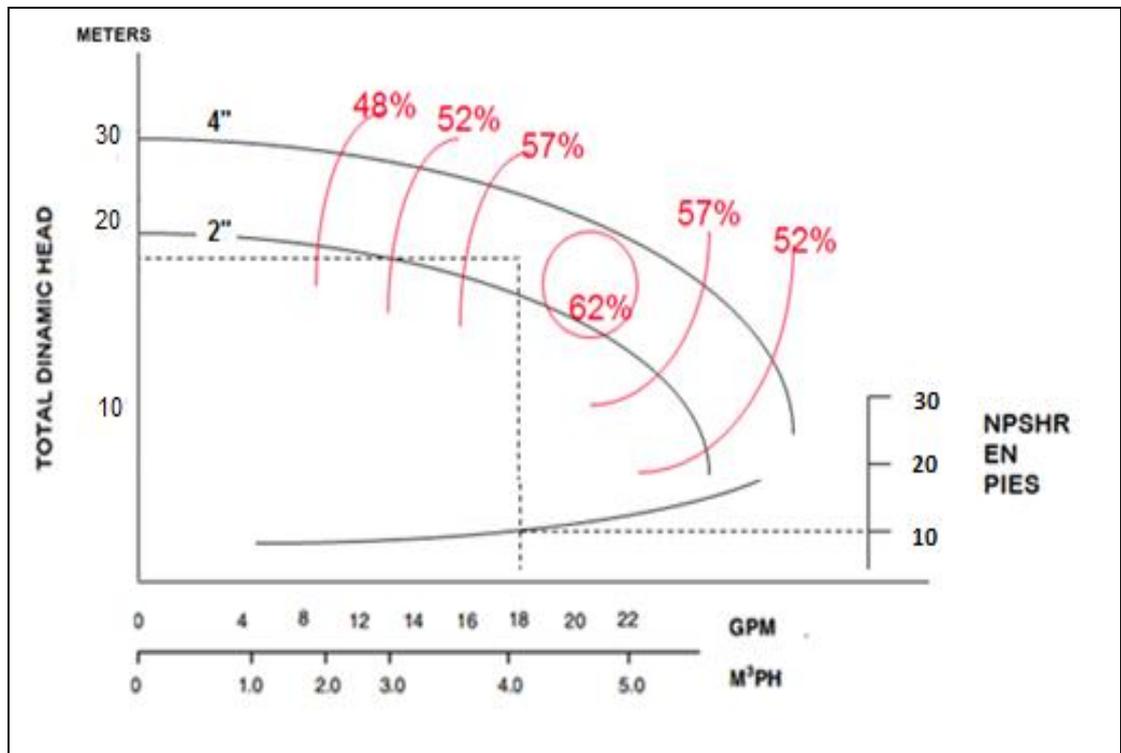
$$HP = 0,44$$

### 2.2.2.5 Selección de la bomba

Con la finalidad de seleccionar una bomba se necesita conocer algunos datos:

- Capacidad de flujo: 18 galones por minuto.
- Altura dinámica total: 49,73' (pies).
- Limitaciones del lado de succión NPSHA: 33,1' (pies).

**Gráfico 7: Curva de rendimiento en base a la capacidad de flujo con respecto a la altura dinámica total.**



Fuente: Goulds Pumps

El gráfico 7, muestra las curvas de rendimiento y también los puntos de eficiencia hidráulica. El gráfico fue realizado basado en las curvas de rendimiento del fabricante.

El mejor punto de eficiencia (BEP) es el punto de eficiencia más alto de la curva.

Las curvas de rendimiento muestran la limitación del lado de succión requerida (NPSHR) para la bomba a lo largo de toda su curva, el NPSHR se incrementa con la velocidad. Según la regla el NPSHA (calculado) debe ser lo suficientemente grande respecto al NPSHR (requerido):

$$NPSHA \geq NPSHR + 3'$$

$$33,1' \geq 10' + 3'$$

$$33,1' \geq 13'$$

Entonces se cumple con la regla.

Una vez observado la curva de rendimiento, ya se puede confirmar y establecer los parámetros de la bomba que se necesita la cual es una bomba de **1HP** y una eficiencia del 51%.

### **2.2.3 Características especiales de los motores para uso con variadores de frecuencia**

Características especiales:

- Clase de aislamiento F, con elevación de temperatura clase B.

- Aislamiento reforzado de las bobinas, impidiendo la degradación precoz del aislamiento y dispensando el uso de filtros.
- Ventilación independiente opcional (para uso en bajas frecuencias).

## **2.3 Automatismos eléctricos e industriales**

### **2.3.1 Introducción**

Un automatismo industrial es un sistema constituido por diferentes dispositivos y elementos que al recibir una serie de informaciones procedentes del exterior, es capaz de generar las órdenes necesarias para que los receptores por él controlados, realicen la función para lo que fue diseñado. (Gómez, 2010)

### **2.3.2 Automatización**

Es un sistema que hace que una máquina funcione de forma autónoma, realiza procesos completos que permita programar y controlar secuencias en un tiempo real, con el objeto de liberar física y mentalmente al hombre de la ejecución del proceso.

#### **2.3.2.1 Aplicaciones de la automatización**

La automatización se aplica en los siguientes ejemplos como:

**“Industria.-** Sistemas de control de producción y fabricación, sistemas de control de selección de productos, sistemas de control de empacadoras, la unión de estos sistemas se denomina plantas automatizadas.

**Agricultura.-** Sistemas para el control de invernaderos (ventilación, cortinas), **sistemas automáticos de riego**, sistemas de control climático temperatura, humedad.

**Servicios básicos.-** Sistemas de control de redes de agua y canalización, sistemas de control subestaciones eléctricas, sistemas de control de inundaciones y desastres, etc.

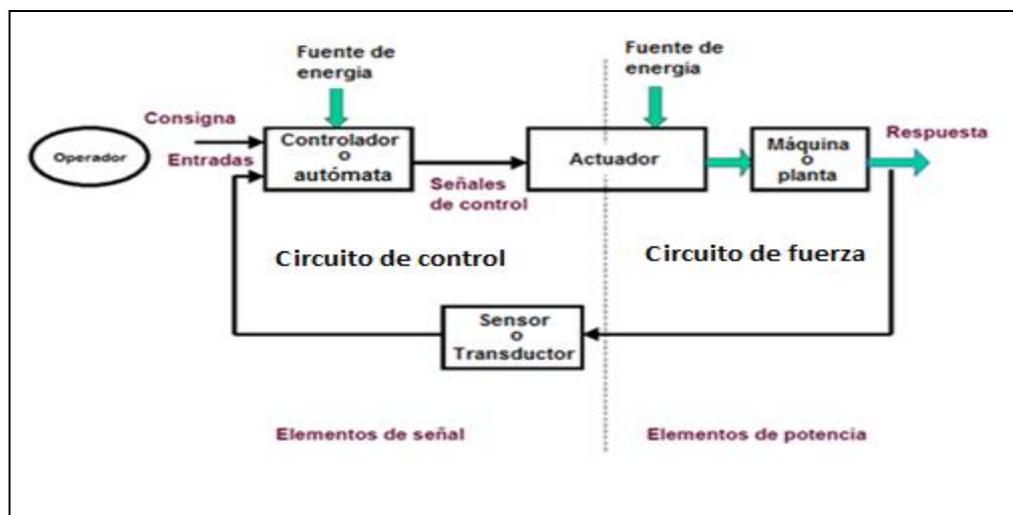
**Comunicaciones.-** Centrales telefónicas, sistemas de televisión por cable satelitales, etc.

**Domótica.-** Sistemas de iluminación automática, sistemas de calefacción para el control del clima, hornos microondas, contestadores automáticos, sistemas de seguridad, etc.

**Transporte.-** Sistemas de control y señalización de tráfico, sistemas de radar, sistemas GPS, etc.”(Gómez, 2010)

### 2.3.2.2 Elementos que conforman un automatismo

**Diagrama 4: Diagrama universal utilizado en un automatismo**



Elaborado por: Los autores

Un automatismo está conformado por los siguientes elementos y dispositivos que se indican en el diagrama 4.

**“Máquina o planta:** Es el componente principal de control automático. Puede estar conformado por un único accionamiento **bomba hidráulica** o compuesta por un grupo de dispositivos instalados en la planta con un propósito específico **sistemas de riego**.

**Fuente de energía:** Es el método usado para efectuar el control. Para un automatismo eléctrico, la **energía eléctrica** se la aplica en sus distintas formas, como las tensiones continuas o alternas de baja potencia para la alimentación de dispositivos de control o aquellas otras de mayores potencias utilizada para mover los accionamientos en la industria.

**Controlador o autómeta:** Es el sistema de control, gobierna la planta a través de los accionamientos. Controlando a la máquina o accionamiento mediante una señal proporcionada por el detector o sensor instalado en la máquina, determina la señal de control aplicada al actuador para que el accionamiento trabaje desarrollando el proceso destinado, el dispositivo que corresponde en el automatismo es el variador de frecuencia la unidad de control CU240E-2.

**Actuador:** Es el dispositivo que suministra la energía a la máquina. El aporte energético que provoca el actuador, se relaciona con la señal de control que le proporciona el controlador. Los actuadores en automatismos eléctricos son: transistores de potencia IGBT, relés, contactores, electroválvulas, válvulas motorizadas, etc., el dispositivo que

corresponde en el automatismo es el variador de frecuencia la unidad de fuerza CU240E-2.

**Transductor:** Es un dispositivo capaz de transformar un determinado tipo de energía de entrada o variable física (perceptible), en otra muy diferente a la salida. La palabra transductor nos indica cual es la transformación que realiza (electromecánica, transforma una señal eléctrica en mecánica o viceversa), es un dispositivo usado para obtener la información de entornos industriales (físicos, químicos), y conseguir señales o impulsos eléctricos, el dispositivo que corresponde en el automatismo es el Transductor de presión Danffos AKS 3000.

**Operador:** Está compuesto de dispositivos de mando y señalización, que permite el intercambio de información entre el operador y el automatismo, para variar el estado del proceso de la máquina. Los automatismos deben permitir que el operador intervenga directamente, sobre el proceso, con la finalidad de resolver situaciones de avería o mantenimiento” (Gómez, 2010)

### **2.3.2.3 Bloques que forman un automatismo**

**Circuito de control:** El conjunto de dispositivos que forman los bloques tales como el sensor y controlador. En el circuito de control se tienen señales de baja tensión y de baja potencia, que son fácilmente manipulables en el diagrama 4.

**Circuito de potencia:** El bloque conformado por el actuador y la máquina, (considerado circuito fuerza). El circuito de potencia se lo

denomina por tener las tensiones e intensidades eléctricas elevadas que produzcan la desconexión del automatismo determinado en el diagrama 4.

**Circuito de alimentación:** Es la fuente de energía (energía eléctrica) para alimentar los dispositivos y elementos del automatismo en el diagrama 4.

Se debe tomar en cuenta algunos otros dispositivos esenciales para realizar un automatismo, los mismos que son:

- Los dispositivos de seguridad sobre voltajes, sobre intensidad es necesarios para la respectiva protección del sistema de control y fuerza.
- Los conductores eléctricos de alimentación deben ser de la sección adecuada para soportar la demanda proyectada.
- El blindaje oportuno de las señales de control
- Los armarios y cuadros eléctricos para el alojamiento de dispositivos.

#### **2.3.2.4 Fases esenciales que tiene un automatismo**

Estas fases o tareas esenciales que tiene un automatismo se lo desarrolla de la siguiente manera:

- a) Diseño
- b) Dimensionamiento de los dispositivos
- c) Esquemas eléctricos se utiliza la norma IEC 617
- d) Cuadro eléctrico explicativo de emplazamiento
- e) Prueba de funcionamiento

f) Puesta en marcha

a) Diseño

Concuerta al estudio de las funciones básicas que debe realizar el automatismo. El comportamiento del automatismo debe ser realizado con precisión en esta fase, para demostrar con claridad todas y cada una de las operaciones a desarrollar, solventando todos los estudios e investigación para el funcionamiento del automatismo.

b) Dimensionamiento de los dispositivos

En esta fase servirá seleccionar el conjunto de dispositivos adecuados para realizar el automatismo.

Así, el objetivo es calcular la potencia eléctrica que debe soportar cada uno de los elementos del automatismo, dimensionar los cables de alimentación y de señal, y prevenir la vida útil de los mecanismos utilizados en la automatización, estudiar atentamente las características del sistema de la automatización como las señales usadas en la interconexión de los módulos de control y prever los adecuados elementos o dispositivos de seguridad y mantenimiento.

c) Esquemas eléctricos se utiliza la norma IEC 617

Una automatización consiste de un conjunto de componentes eléctricos. La intención de realizar un esquema eléctrico es la elaboración de un sistema de control óptimo del automatismo. Un esquema eléctrico debe cumplir una función, ser integro en las protecciones, claro donde se

encuentren representados todos los componentes perfectamente conectados y referenciados bajo normas.

d) Cuadro eléctrico explicativo de emplazamiento

El planteamiento del cuadro eléctrico es el de ubicar todos los elementos o dispositivos que conforman el automatismo. En primer lugar se debe realizar el esquema eléctrico anterior cumpliendo todas las normas de elaboración de esquemas eléctricos para determinar, identificar, y confeccionar los diferentes planos de ubicación de componentes del cuadro eléctrico.

e) Prueba de funcionamiento

La prueba de funcionamiento se ejecutó finalizada la instalación del automatismo. Una planificación preventiva es necesaria para la entrada en funcionamiento progresiva y en secuencia, de las diferentes partes del automatismo. Cada etapa es probada de forma individual, en las condiciones de trabajo reales de control, antes de probar con el funcionamiento de la máquina. Verificando los sucesos producidos en las pruebas de funcionamiento, servirá para corregir las probables anomalías y concluir con los ajustes adecuados para la puesta en servicio del automatismo.

d) Puesta en marcha

Únicamente si el proceso determinado de trabajo del automatismo cumple con el objetivo planteado se realizará la fase de puesta en marcha. Si el proceso de trabajo del automatismo no cumple con los

requerimientos planteados es un riesgo para todos los dispositivos utilizados en la automatización.

## **2.4 Sistema de distribución**

### **2.4.1 Introducción**

Los siguientes numerales se realizaron tomando en cuenta que el sitio destinado a realizarse el proyecto, carece de energía eléctrica, por lo que requiere la construcción de un sistema de distribución de energía eléctrica en media tensión.

### **2.4.2 Sistemas de distribución**

Un sistema de distribución es un conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares, para lo cual se utilizó las Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica emitidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y las Empresas de Distribución Eléctrica (EDs).

Se debe calcular los siguientes parámetros:

- Cálculos de la demanda de diseño del centro de transformación a instalar, aquí se calcula las potencias a intervenir en el proyecto mediante la normas de diseño que se adjunta en el Anexo N° 1.

**Tabla 4: Cálculo de la demanda para un transformador**

<b>Nombre del Proyecto:</b>		MONTAJE DE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 50 KVA Y REUBICACIÓN DE RED MONOFÁSICA EN LA PROPIEDAD DEL ECON. JORGE PROAÑO						
<b>Localización:</b> Cantón Cayambe, sector San Luis de Chaguarpungo								
<b>Usuario Tipo:</b> Industrial								
<b>Ítem</b>	<b>Aparatos Eléctricos</b>							
	<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>P (W)</b>	<b>Pn(W)</b>	<b>FFUn (%)</b>	<b>CIR (W)</b>	<b>FSn (%)</b>	<b>DMU (W)</b>
1	Bomba 10 HP	1	7.460	7.460	100	7.460	100	7.460
2	Bomba de Aspersión 15 HP	1	11.190	11.190	90	10.071	90	9.064
3	Picadora de Basura 15HP	2	11.190	22.380	90	20.142	90	18.128
4	Servicios Generales	1	5.000	5.000	90	4.500	90	4.050
						<b>42.173</b>		<b>38.702</b>
<b>Factor de potencia FP =</b>		<b>0,85</b>						
<b>Factor de Demanda FDM =</b>		<b>0,92</b>						
<b>DMU/CIR =</b>								
<b>DMU (KVA) =</b>		<b>45,53</b>						
<p><b>ENTONCES SE RECOMIENDA INSTALAR UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE: 50 [KVA]</b></p>								

Elaborado por: Los autores

Dónde:

P = Potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se expresa en vatios (W)

P<sub>n</sub> = Potencia eléctrica nominal, el producto de la potencia eléctrica y la cantidad de equipos

FFUn = Factor de frecuencia de uso (%), este factor es el porcentaje con respecto al tiempo de trabajo de los dispositivos.

CIR = Potencia en vatios (W), la fórmula es:

$$CIR = P_n \times FFUn$$

FSn = Factor de simultaneidad (%), este factor el porcentaje con respecto a la cantidad de equipos van a funcionar al mismo tiempo.

DMU = Potencia requerida para la demanda (KVA), con este formula se determina el cálculo para un transformador.

$$DMU (KVA) = \frac{DMUTotal \times fp}{1000}$$

Cálculo de la KVA-km para el 1% de caída de voltaje para redes primarias con conductor de aluminio con alma de acero ACSR, la tabla 5 muestra el cálculo de la caída de voltaje según el Anexo N° 2.

**Tabla 5: Cuadro de caída de voltaje**

EMPRESA ELÉCTRICA				COMPUTO DE CAÍDAS DE VOLTAJE CIRCUITOS PRIMARIOS				HOJA 1 DE 1			
								FECHA: JULIO 2013			
NOMBRE DEL PROYECTO		MONTAJE DE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE 50 KVA.						NIVEL DEL VOLTAJE PRIMARIO:		13,2 KV	
								LIMITE DE CAÍDA DE VOLTAJE:		1%	
TIPO DE INSTALACIÓN:		Aérea						N° DE FASES:		3	
TIPO DE CONDUCTOR:		ACSR						CALIBRE CONDUCTOR:		2 AWG	
ESQUEMA:											
				0							
		1		0		CT-01 50 KVA					
DATOS				CARGA		CONDUCTOR				COMPUTO	
TRAMO		CENTRO TRANSF.		TOTAL		N° CALIBRE		FDV		CAIDA VOLTAJE (%)	
DESIG.	L(Km)	N°	KVA	KVA	FASES	AWG	KVA-Km	KVA-Km	PARCIAL	ACUMULADO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0-1	0	CT-01	2	50	1	2	438	0	0,00001	0,00001	

Elaborado por: Los autores

Para el cálculo de la caída de voltaje se aplica la siguiente fórmula:

$$CV(\%) = \frac{L \times DMU}{KVA - Km}$$

Dónde:

CV (%) = Caída de voltaje

L = Longitud en kilómetros (km)

DMU = Demanda máxima del transformador (KVA)

KVA-km = Para el 1 % de caídas de voltaje para redes primarias con conductores de aleación de aluminio con alma de acero ACSR.

- Cálculo de la caída de voltaje en la red de distribución secundaria se utiliza la misma tabla 5 del ejemplo anterior, pero el límite de caída de voltaje es 3,5 %. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$CV(\%) = \frac{L \times DMU}{KVA - m}$$

Dónde:

CV (%) = Caída de voltaje.

L = Longitud en metros (m).

DMU = Demanda máxima del transformador (KVA).

KVa-km = Para el 1 % de caídas de voltaje para redes secundarias con conductores de aleación de aluminio AAAC 5005.

- **Redes de distribución aéreas**

Las redes de distribución aéreas se realizan en postes de hormigón; sobre los postes van montadas estructuras metálicas con los respectivos accesorios de aislamiento, donde van soportadas los conductores desnudos con el fin de transportar energía a los centros de transformación. Las redes aéreas son las más utilizadas por tener las siguientes ventajas, fácil mantenimiento, rápida localización de fallas, costo inicial bajo, costos de mantenimiento bajos, fácil diseño y construcción.

- **Selección del área de estudio**

Al realizar el estudio se va a determinar la irregularidad del terreno, para determinar donde se ejecutará la construcción de la red de distribución. Esta área de estudio determinará la cantidad de accesorios (postes, estructuras, conductor, etc.), para elaborar la red de distribución eléctrica.

- **Características geográficas**

Las características geográficas recogen informaciones generales y físicas, para realizar el diagrama de construcción de la red eléctrica de medio voltaje para el proyecto del sistema de riego.

### **2.4.3 Normas para los sistemas de distribución**

Una vez realizado los estudios presentados anteriormente, se enfocará en las Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de

Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica emitidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y las Empresas de Distribución Eléctrica (EDs). Donde se usará técnicas teóricas y prácticas para las fases de diseño de la red de distribución en media tensión.

Las Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica, contienen las siguientes partes:

Sección 1: Marco teórico para la homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del sistema de distribución eléctrica.

Sección 2: Manual de las unidades de construcción.

Sección 3: Especificaciones técnicas de materiales y equipos del sistema de distribución.

Sección 4: Simbología de los elementos del sistema de distribución.

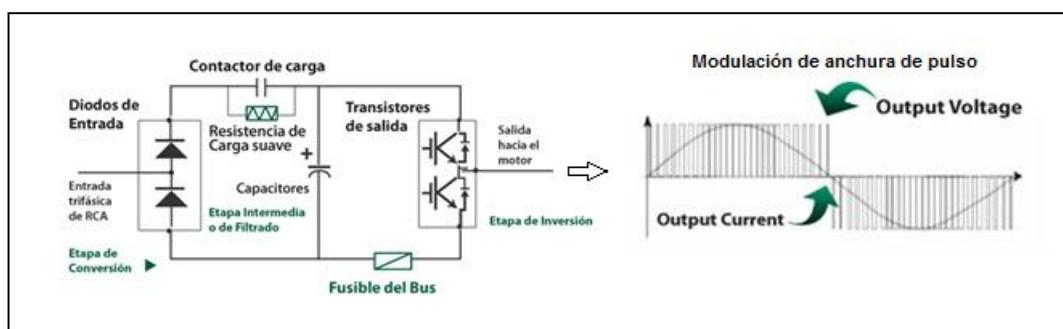
## **2.5 Variadores de frecuencia**

Los variadores de frecuencia son sistemas utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna, una de sus aplicaciones es en sistemas de riego automáticos donde se controla variando la frecuencia de alimentación al motor. Las ventajas son que podemos regular el caudal y precisar la presión. Entonces se controlará el proceso y se ahorrará la energía, son las dos principales razones para el empleo de variadores de frecuencia.

## 2.5.1 Cómo funciona un variador de frecuencia

Cuando el variador de frecuencia (VFD), se alimenta con un voltaje de corriente alterna (C.A.), el equipo primero convierte la C.A. en corriente directa (C.D.), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR's), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal, posteriormente esta sección del VFD se denomina D.C. link, el voltaje D.C. luego se convierte en A.C., esta conversión típicamente se alcanza mediante dispositivos electrónicos de potencia tales como transistores de potencia IGBT usando una técnica llamada Modulación de Anchura de Pulso (PWM), generan una forma de onda cuadrada de voltaje de C.D. a un frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.

**Gráfico 8: Esquema interno del módulo de fuerza del variador de frecuencia**



Fuente: Quiminet

Al tener control en la frecuencia de la onda de corriente se puede también controlar la velocidad del motor, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Nm = \frac{120 \times f(1 - s)}{P}$$

Dónde:

Nm = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia de alimentación (HZ)

s = deslizamiento (adimensional)

P = número de polos

## 2.5.2 Selección del variador de frecuencia

### 2.5.2.1 Consideraciones eléctricas cuando se aplican VFD a motores AC

La aplicación exitosa de un VFD, requiere las características del sistema de distribución eléctrica y el motor sumergible. A continuación se debe considerar los siguientes puntos:

- Características eléctricas del motor sumergible (potencia)

Ejemplos de placa:

Potencia:	50	HP
Tensión eléctrica:	460	V
Intensidad eléctrica:	47	Amp
Frecuencia:	60	HZ
RPM:	3525	

- El suministro eléctrico

Características eléctricas de un transformador para la bomba del ejemplo anterior:

Potencia: 50 KVA  
 Tensión eléctrica Prim. 13,2 KV  
 Tensión eléctrica sec. 460 V  
 Intensidad eléctrica Prim. 2,18 Amp.  
 Intensidad eléctrica sec. 62,8 Amp.  
 Frecuencia: 60 HZ

### 2.5.2.2 Determinación del variador de frecuencia

Con estas especificaciones eléctricas (tabla 6) ya se puede determinar el variadores de frecuencia para el proyecto del sistema de riego. Una vez realizados los cálculos de la bomba o motor sumergible, y del suministro de energía.

**Tabla 6: Cálculo para la determinación del variador de frecuencia (VFD).**

Magnitudes eléctricas	Características eléctricas del motor sumergible	Características eléctricas del transformador	Características eléctricas del variador de frecuencia
Potencia (KW)	37,5	50	37,5
Tensión (V)	460	460	460
Intensidad (Amp)	47	62,8	47
Frecuencia (HZ)	60	60	60

Elaborado por: Los autores

Generalmente, la tabla 6 muestra que se determinará los mismos valores de las características eléctricas del motor sumergible, pero tomando en cuenta las características de voltaje como de frecuencia del motor y transformador.

### **2.5.2.3 Precauciones que se debe tomar al trabajar con variadores de frecuencia para el control de velocidad de motores**

Para el funcionamiento de un motor, la frecuencia es 60 Hz, pero cuando se trabaja a mayor o menor frecuencia nominal, se requiere un diseño especial para el desarrollo del trabajo, donde se considera que:

- ✓ El motor nunca debe operar a menos de 30 Hz. Esta es la frecuencia mínima requerida para proveer una correcta lubricación del cojinete.
- ✓ Uso de filtros LC:

Para tensiones menores que 480 Voltios no es necesario.

Para tensiones entre 480 Voltios y 600 Voltios utilizar filtros LC para cables mayores que 26 metros.

Para tensiones mayores o iguales a 600 Voltios, deben ser siempre utilizados.

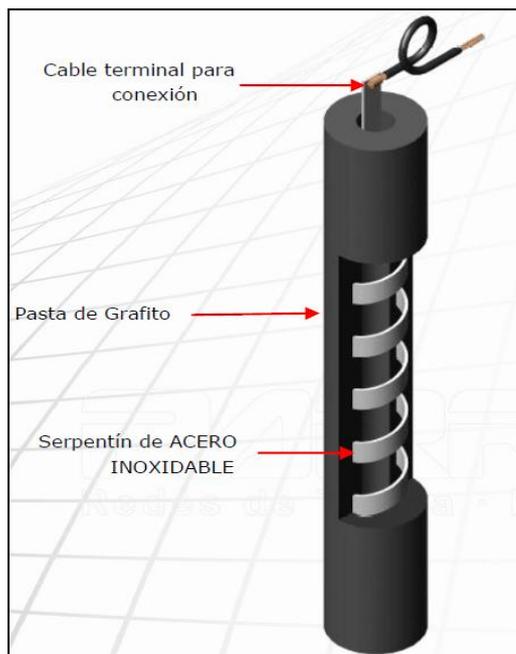
- ✓ Los motores trifásicos Franklin no están declarado como motores “Inverter Duty” por NEMA MG1, Parte 31. Sin embargo, los motores sumergibles Franklin pueden ser utilizados con variadores de frecuencia sin problemas si se siguen las indicaciones citadas y tomando en cuenta las características especiales para motores sumergibles para uso con variadores de frecuencia.

## 2.6 Sistemas de puestas a tierra

El objeto de la puesta a tierra es asegurar la seguridad de las personas ante contactos indirectos. Se entenderá puesta a tierra de un punto de la alimentación, en particular el neutro del empalme en caso de instalaciones conectadas en baja tensión o el neutro del transformador que alimente la instalación en caso de empalmes en media o alta tensión, alimentados con transformadores monofásicos o trifásicos.

El sistema de tierra, presenta un nuevo diseño denominado “Electrodo Químico Parres ET”. El electrodo químico ET es un electrodo de alto desempeño construido en su totalidad en acero inoxidable. Los materiales de los cuales está conformado el electrodo químico ET cumplen con la siguiente norma IEC 6102410.

**Gráfico 9: Electrodo Químico Parres ET**



Fuente: PARRES- Redes de tierra

Características:

Pasta:

La pasta de electrodo químico Parres ET mejora la conductividad eléctrica del cuerpo metálico al terreno además de proteger al electrodo de agentes corrosivos.

Ventajas:

- ✓ Garantía de vida útil de 10 años
- ✓ Reemplaza un mínimo de 8 picas de Cooperweld.
- ✓ Se obtiene valores bajos de resistencia.
- ✓ Fácil instalación
- ✓ Baja inversión en obra civil
- ✓ Mayor disipación de corrientes generadas por rayos, inducción o corto circuitos.

Beneficios:

- ✓ Otorga una excelente infraestructura para el funcionamiento ideal de los equipos.
- ✓ Estabiliza el voltaje durante operaciones normales.
- ✓ Evita acumulación de cargas estáticas en los centros de trabajo.

**Ejemplo:**

Determinar el número de picas de 2 metros necesarias para un edificio con pararrayos (resistencia deseada  $15 \Omega$ ), en terreno de arena arcillosa ( $\rho < 500 \Omega \cdot m$ ) y con una longitud en planta del anillo enterrado de  $L = 43$  m., Cálculo analítico (tabla 7): Resistencia del anillo de 43 metros (conductor enterrado horizontalmente):

$$R_{t\_anillo} = 2\rho/L = 2 \cdot 500/43 = 23,2 \Omega$$

Como se desea  $R_t = 15 \Omega$ , se colocarán picas verticales de 2 metros unidas al anillo. El conjunto de picas y el anillo están en paralelo respecto de tierra.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{t\_anillo}} + \frac{1}{R_{t\_picas}} \Rightarrow R_{t\_picas} = \frac{1}{\frac{1}{R_t} - \frac{1}{R_{t\_anillo}}} = \frac{1}{\frac{1}{15} - \frac{1}{23,2}} = 42,4 \Omega$$

El número de picas necesario, N, se obtendrá de la expresión de la resistencia de N picas en paralelo:

$$R_{t\_picas} = \frac{\rho}{N \cdot L} \Rightarrow N = \frac{\rho}{R_{t\_picas} \cdot L} = \frac{500}{42,4 \cdot 2} = 5,9 \Rightarrow 6 \text{ picas}$$

Es el cálculo 6 picas como se indica en la tabla 8. Habrá que tener en cuenta que a esta distancia la resistencia del grupo de picas en paralelo aumenta un 20%, debido a que se influyen entre sí. Para que la resistencia del grupo sea la del cálculo, deberán separarse las picas al menos 4 veces su longitud (8 metros), de esta forma la corriente que disipa cada pica a tierra no influye en las otras. Se determinó mediante los cálculos colocar un electrodo químico Parres ET el mismo que reemplaza mínimo 8 picas Cooperweld necesario para la instalación del sistema de puesta a tierra.

**Tabla 7: Resistencia de tierra para electrodos más comunes**

Electrodo	Resistencia ( $\Omega$ )
<b>Placa enterrada profunda</b> P: perímetro de la placa (m)	$R = 0.8\rho / P$
<b>Placa superficial</b> P: perímetro de la placa (m)	$R = 1.6\rho / P$
<b>Pica vertical</b> L: longitud de la pica (m)	$R = \rho / L$
<b>Conductor enterrado horizontalmente</b> L: longitud del conductor (m)	$R = 2\rho / L$
<b>Malla de tierra</b> r: radio del círculo con la misma superficie que el área cubierta por la malla (m) L: longitud total de conductor enterrado	$R = \rho / 4r + \rho / L$

Fuente: Normas tecnológicas para edificaciones

**Tabla 8: Cálculo de toma a tierra según NTE**

Terrenos orgánicos, arcillas y margas		Arenas arcillosas y graveras, rocas sedimentarias y metamórficas		Calizas agrietadas y rocas eruptivas		Grava y arena silicea		N° de pías de 2 m de longitud
sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	
25	34	28	67	54	134	162	400	0
^	30	25	63	50	130	158	396	1
	26	^	59	46	126	154	392	2
	^		55	42	122	150	388	3
			51	38	118	146	384	4
			47	34	114	142	380	5
			43	30	110	138	376	6
			39	^	106	134	372	7
			35		105	130	368	8
			^		98	126	364	9
					94	122	360	10
					74	102	340	15
					^	82	320	20
						^	280	30
							240	40
							200	50
							^	

Fuente: Normas tecnológicas para edificaciones NTE

## 2.7 Glosario de términos

**Amp:** Amperaje o intensidad eléctrica es la carga eléctrica (cantidad de electrones por segundo) transportada en una unidad de tiempo.

**AWG:** American Wire Gauge - Calibre de Cable Americano.

**°C:** Grados Celsius.

**ft:** Pie, unidad de medida del sistema internacional ejemplo: 3 feet (plural), 3 ft (abreviado), 3 ' (comilla simple).

**G.S.:** Constante del líquido a bombear (Agua 1, Gasolina 0,72).

**gpm:** Galones por minuto, se utiliza en medidas de caudal de líquido.

**Hv:** Columna de velocidad.

**lpm:** Litro por minuto, se utiliza en medidas de caudal de líquido.

**MEER:** Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

**m<sup>3</sup>/h:** Metros cúbicos por hora, se utiliza en medidas de caudal de líquido.

**NEC:** National Electrical Code - Código Eléctrico Nacional.

**NEMA:** National Electrical Manufacturer Association - Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

**NSPH:** Net Positive Suction Head – limitación de Succión Neta Positiva.

**Pc:** Pérdidas de carga en metros de columna de agua por cada 100m de tubería.

**PF:** Power Factor - Factor de potencia.

**psi:** Pounds per Square Inch - Libras por pulgada cuadrada.

**rpm:** Revoluciones por minuto.

**THD:** Total Dynamic Head - Altura dinámica total.

**TRT:** Homologación para transformadores (MEER).

**PE BD:** Tubería de polietileno para uso agrícola.

**PO0-0HC12-500:** Designación de poste de hormigón de 12m/500Kg (MEER).

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación**

##### **3.1.1 Investigación tecnológica**

En el proyecto se aplicó fundamentalmente el método de investigación tecnológica, porque el objetivo tendente es solucionar el problema que se tiene en el sistema de riego en las instalaciones de la florícola Gardaexport S.A.

Además, la indagación bibliográfica del proyecto tecnológico permitió satisfacer las necesidades en la solución del problema, Se analizó y recolectó información de personas expertas en el tema, entrevistas, libros, que proporcionaron para el diseño del sistema de automatización y control.

##### **3.1.2 Investigación aplicada**

La investigación aplicada, se obtuvo conocimientos de la práctica laboral, investigación actual, para plantear el proyecto del sistema de automatización y control, para optimizar agua y ahorrar energía, con el objetivo de aplicar para solucionar las pérdidas hídricas, y demostrar que el sistema automatizado ahorra energía.

### **3.1.3 Investigación de campo**

Inicialmente la investigación de campo se efectuó en la florícola, logrando visualizar el problema crítico de la empresa Gardaexport S.A., determinando las condiciones operativas del sistema de riego (sistema de control actual), para examinar el problema y elaborar un proyecto factible.

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Método teórico**

Este método teórico avala básicamente los procesos de análisis, inducción y deducción, mediante la lectura de libros y profesionales expertos en automatismos industriales, que determinó las investigaciones adecuadas para la justificación del tema investigado.

### **3.2.2 Técnicas e instrumentos**

Para ejecutar el presente proyecto las técnicas utilizadas son:

#### **3.2.2.1 Criterio de expertos**

El planteamiento de realizar el proyecto fue de los supervisores de riego de la florícola, que conocían los déficits del sistema de riego y también de nuevas tecnologías aplicables en el sector industrial, facilitando la investigación, debido a que se recibió la información necesaria, y así se logró conocer el verdadero estado del sistema de riego.

### **3.2.2.2 Resultados de pruebas de funcionamiento**

Se recolecto datos eléctricos y consumo hídrico del sistema de riego, antes de la implementación del nuevo sistema.

### **3.2.2.3 Resultados de ensayos**

Para los cálculos donde se demuestra el ahorro de energía y la optimización de agua, se realizó un cuadro comparativo proyectado a un año, donde se tomaron valores reales de voltaje, corriente, frecuencia con la pinza amperimétrica Fluke 317, como también los datos obtenidos del mismo variador de frecuencia, que sirvió como respaldo de una correcta medición.

### **3.2.2.4 Planos**

La empresa facilitó los planos de construcción e instalación anterior de la florícola Gardaexport S.A., que sirvió para determinar cómo estaba estructurada la red del sistema de riego.

Se realizó el nuevo plano de la florícola de Gardaexport S.A., adicionando su ampliación de terreno.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROPUESTA**

#### **4.1 Diagnóstico**

##### **4.1.1 Situación actual Gardaexport S.A.**

La ampliación de terreno de la empresa Gardaexport S.A., hace necesario este proyecto tecnológico, aplicando tecnologías automáticas, buscando mejorar el sistema de riego, y logrando optimizarlos recursos hídricos y energéticos

##### **4.1.2 Proceso instalado**

La empresa Gardaexport S.A. cuenta con 42 bloques, cuyas superficies van desde los 6.000 metros cuadrados hasta los 10.000 metros cuadrados; un reservorio de 17.000 metros cúbicos de capacidad, está abasteciendo la demanda hídrica de la florícola, el sistema de riego que tiene es mediante un control manual, siendo ineficiente porque produce considerables pérdidas eléctrica e hídricas.

##### **4.1.3 Consumo eléctrico e hídrico**

El sistema de riego, antes de la implementación del nuevo sistema, trabajaba de manera normal, pero se tenía pérdidas eléctricas innecesarias, debido a que no es constata su regadío, porque se requiere de un procedimiento estandarizado (secuencia de riego) por la florícola.

Entonces, cuando el riego no es necesario las pérdidas hídricas retornaban por la red del sistema de riego, a las válvulas de alivio establecidas en los reservorios, de ahí las pérdidas eléctricas eran evidentes por que el sistema trabajaba en forma continua.

La demanda de agua que debe cubrir es 1 litro/ segundo por hectárea, determinado por la necesidades de los técnicos de riego el total de la área útil es 29,2 hectáreas. El caudal será 56 galones por minuto, la tabla de la unidad de riego por duchas nos muestra que la bomba centrífuga Berkeley cubre la demanda hídrica requerida por la florícola.

## **“PROPUESTA TECNOLÓGICA, DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA OPTIMIZAR AGUA Y AHORRAR ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A.”**

### **4.2 Justificación**

La florícola Gardaexport S.A., como una entidad privada, en su plan de preservar los recursos naturales, necesita de carácter urgente optimizar el agua, ya que es el principal sustento en el regadío de flores.

Actualmente existen sistemas riego automáticos eficientes, que permiten optimizar recursos, en donde se ha planificado el desarrollo del nuevo proyecto sistema de riego, que garantice satisfacer la demanda hídrica y así, buscar el mejor sistema automático para ahorrar energía. El presente documento resume en breves términos la planificación realizada para determinar el accionamiento del sistema de riego, y la ingeniería

eléctrica desarrollada para cumplir con los requerimientos del sistema de automatización y control, de manera correcta y eficiente.

### **4.3 Objetivo general**

Automatizar el control del sistema de riego, para la optimización de agua y ahorro de energía para la empresa **Gardaexport S.A.**

#### **4.3.1 Objetivos específicos**

- Diseñar el Suministro eléctrico
- Planificar el sistema de riego
- Selección del variador de frecuencia
- Diseñar el sistema de control y automatización

### **4.4 Diagnóstico situacional**

#### **4.4.1 Proceso proyectado**

La empresa Gardaexport S.A. para cumplir con su visión de incrementar su producción ha extendido sus predios, para el cual quiere desarrollar un sistema de riego que le garantice cubrir la demanda hídrica, y también solventar las pérdidas tanto eléctricas como hídricas, siendo uno de los principales problemas que enfrentaron en la temporada 2012 en las cuales no tomaron medidas y tuvieron grandes pérdidas y gastos por enfermedades en los cultivos. Sin embargo están conscientes que la

temporada 2013 que se viene será más difícil, tomando medidas con mayor anticipación en el déficit hídrico.

Actualmente el total del área del proyecto es 919,434 metros cuadrados, y el total de área útil de producción 575,826 metros cuadrados. El área útil de producción es la demanda a cubrir con el nuevo sistema de riego.

#### **4.4.2 Propuesta de modelo de riego integral**

La actual propuesta consiste en formar una gran unidad de riego por aspersión, manteniendo los actuales bloques para no encarecer el proyecto con construcciones en infraestructura innecesarias, la propuesta detalla aspectos fundamentales tales como:

- ✓ Número de puntos de gasto por bloque
- ✓ Capacidad de flujo del sistema de riego
- ✓ Altura dinámica total y estática
- ✓ Limitaciones del lado de la succión (NSPH)

#### **4.5 Planificar el sistema de riego Gardaexport S.A.**

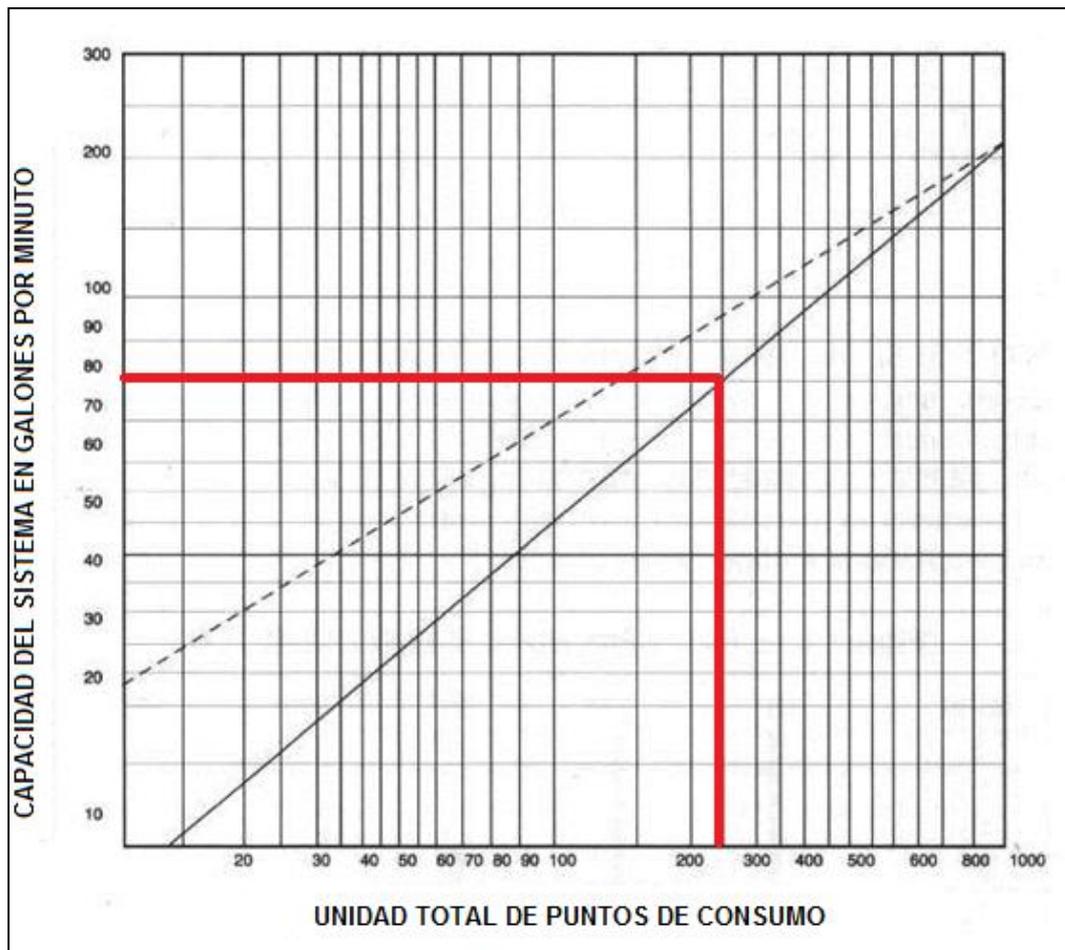
##### **4.5.1 Capacidad de flujo**

En el proyecto a realizar se tiene los requerimientos de la empresa Gardaexport. S.A., se debe colocar 3 puntos de gasto por cada bloque, el número de bloques es 84.

Datos:

- Puntos de gasto: 3(por invernadero)
- Bloques: 84
- Puntos totales: 246

Según la Gráfico 10: Capacidad del sistema basada en el valor total de los puntos de consumola capacidad de flujo: 80 GPM.



#### 4.5.2 Altura dinámica total

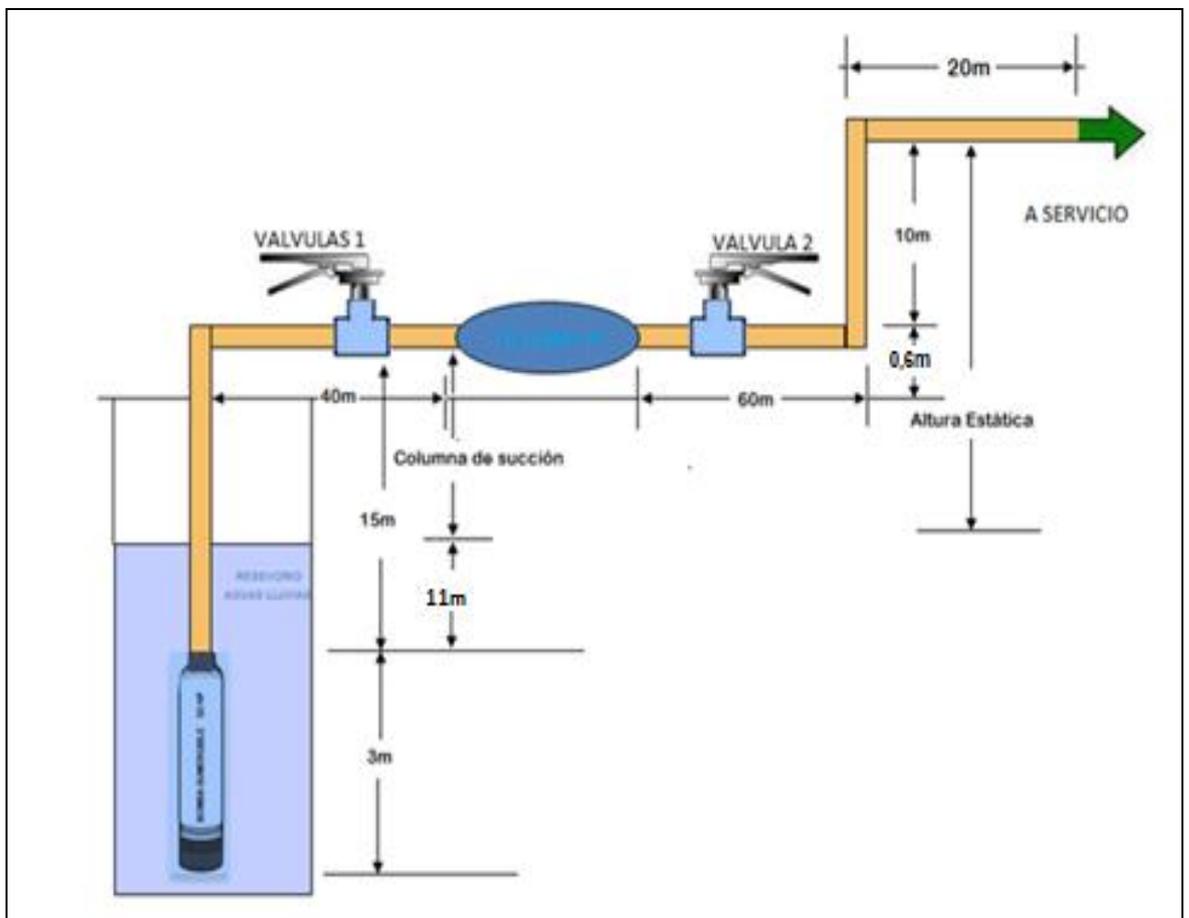
La altura dinámica total (TDH) es la suma de dos partes:

$$\begin{array}{r}
 \textit{Altura estática} \\
 + \\
 \textit{Altura dinámica} \\
 \hline
 \textit{Altura dinámica total}
 \end{array}$$

#### 4.5.2.1 Altura estática:

$$Altura\ estática = 15 - 11 + 0,6 + 10 = 14,6m$$

Diagrama 5: Representación real para el cálculo de alturas estáticas y dinámicas.



Elaborado por: Los autores

#### 4.5.2.2 Altura dinámica

- a) Perdidas por fricción

De acuerdo a la tabla 2, pérdidas por fricción de los componentes, el anexo N° 3 muestra el plano estructural del sistema de riego, se obtiene los siguientes resultados:

**Tabla 9: Pérdidas por fricción individual del sistema de riego.**

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN				
Pérdidas por fricción de tubería de 200mm y accesorios.				
DISTANCIA	Unid.	Cant.	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN TABLAS	
TUBERÍA DE 200mm	PIES	1061	0,72	3480,08
CODOS 90°	PIES	10	5,5	180,4
CODOS 45°	PIES	2	3,5	22,96
VÁLVULAS	PIES	4	72,1	945,952
TEE	PIES	7	5	114,8
CHECK	PIES	1	17,6	57,728
			PPF T200:	34,573824

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN				
Pérdidas por fricción de tubería de 160mm y accesorios.				
DISTANCIA	Unid.	Cant.	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN TABLAS	
TUBERÍA DE 160mm	PIES	3572	0,91	11716,16
CODOS 90°	PIES	15	5,5	270,6
CODOS 45°	PIES	0	0	0
VÁLVULAS	PIES	21	56,7	3905,496
TEE	PIES	30	3,6	354,24
CHECK	PIES	0	0	0
			PPF T160:	147,8431136

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN				
Pérdidas por fricción de tubería de 110mm y accesorios.				
DISTANCIA	Unid.	Cant.	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN TABLAS	
TUBERÍA DE 110mm	PIES	8829	1,81	28959,12
CODOS 90°	PIES	150	4,3	2115,6
CODOS 45°	PIES	0	0	0
VÁLVULAS	PIES	168	42,3	23308,992
TEE	PIES	246	2,6	2097,888
CHECK	PIES	0	0	0
			PPF T110:	1022,31696

Elaborado por: Los autores

Las pérdidas por fricción total (PPF TOTAL) de las tuberías utilizadas, es igual a la suma de todas las pérdidas.

$$\text{PPF TOTAL} = \text{PPF 200} + \text{PPF 160} + \text{PPF 110} = 1205'$$

b) Columna de velocidad

La columna de velocidad total (HV TOTAL) es la suma de las columnas de velocidad en cada tubería utilizada:

$$HV = 0,0155 \cdot V^2$$

$$HV_{200} = 0,0155 \cdot (1,31)^2 = 0,027$$

$$HV_{160} = 0,0155 \cdot (0,97)^2 = 0,015$$

$$HV_{110} = 0,0155 \cdot (1,48)^2 = 0,033$$

$$HVTOTAL = HV_{200} + HV_{160} + HV_{110} = 0,07\text{m} = 0,22'$$

#### 4.5.3 Cálculo de la altura dinámica total (TDH)

La altura dinámica total es igual a la suma de todas las alturas, altura estática y altura dinámica:

Calculo de Altura dinámica

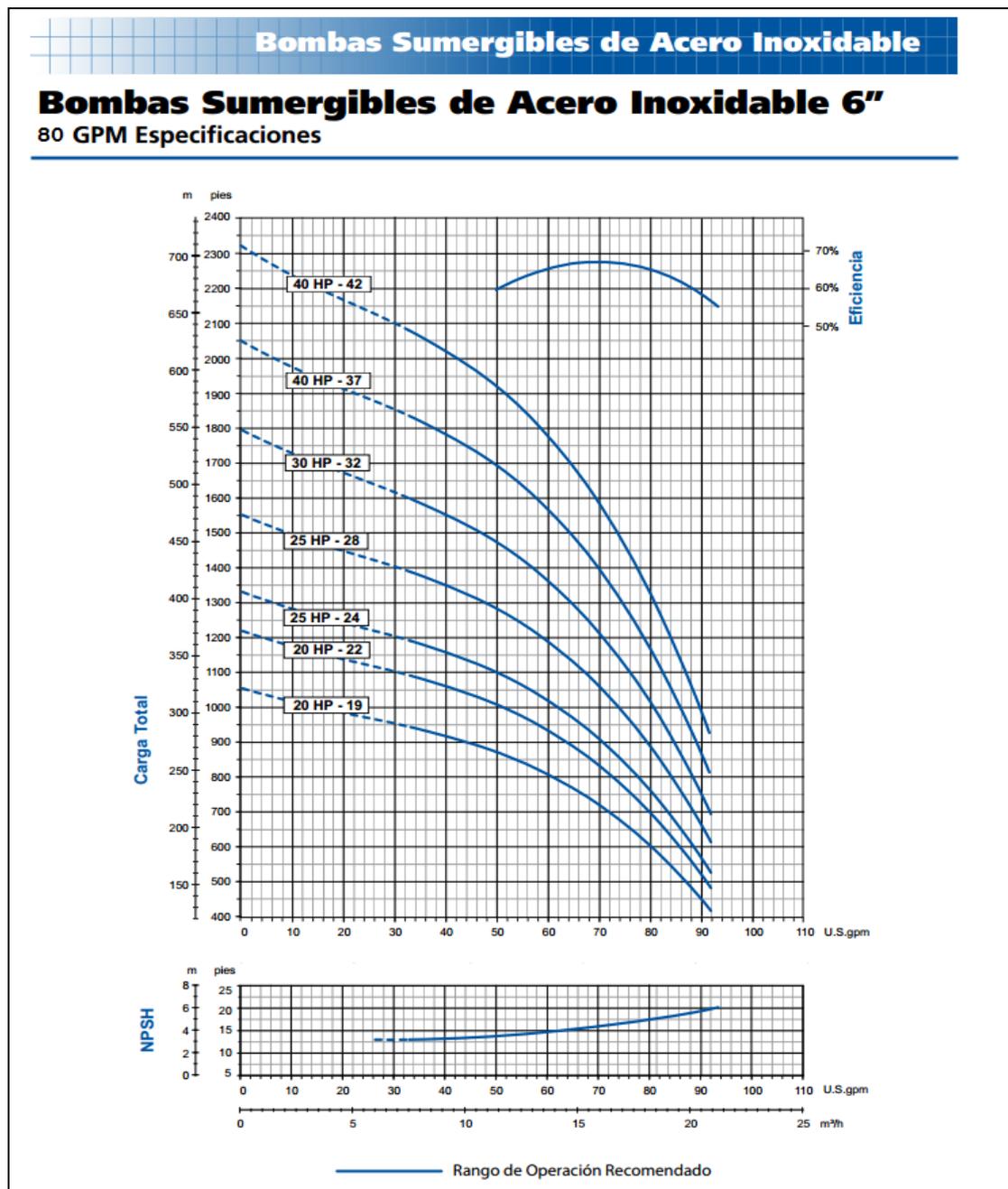
- Altura estática = 47,9'
- Perdidas por fricción = 1205'
- Columna de velocidad = 0,22'

$$\text{TDH} = 45,93' + 1205' + 0,22' = 1251,15'$$

Por lo tanto la altura dinámica es 1251,15'

El gráfico 9 muestra los valores para el cálculo de la bomba a utilizar para el proyecto del sistema de riego, que se determinó que una bomba sumergible reúne todas las características para el nuevo sistema de riego.

**Gráfico 11: Curvas de rendimiento de bombas sumergibles.**



Fuente: Franklin electric

Las curvas de rendimiento muestran la potencia requerida para operar la bomba en varios puntos a lo largo de su curva.

Las potencias mostradas en las curvas, están basadas bombeando agua (G.S. = 1.0)

#### 4.5.4 Cálculo de limitación del lado de la succión

$$\text{NSPHA (Disponible)} = P_B + H_S - H_F - P_V$$

$$\text{NPSHA} = 25,7' + 13,1' - 5,7' - 0,5' = 32,6'$$

#### 4.5.5 Cálculo de la potencia de la bomba sumergible

$$\text{Potencia(HP)} = \frac{\text{Cap. (GPM)} \times \text{Alt. (pies)} \times \text{GS}}{3960 \times \text{Eficiencia}}$$

$$(\text{HP}) = \frac{80 \times 1251,15 \times 1}{3960 \times 0.6}$$

$$\text{HP} = 42.12$$

#### 4.5.6 Selección de la bomba

Con la finalidad de seleccionar una bomba se necesita conocer algunos datos:

- ✓ Capacidad de flujo : 80 galones por minuto
- ✓ Altura dinámica total : 1 251' (pies)
- ✓ Limitaciones del lado de succión NPSHA: 32,6' (pies)

La capacidad de la bomba mediante el cálculo de la potencia de la bomba sumergible.

$$\text{HP} = 42,12 \text{ HP}$$

La capacidad según las curvas de rendimiento de bombas Franklin electric., la bomba sumergible mediante la tabla 12 del fabricante es:

$$\text{HP} = 40 \text{ HP}(37\text{kW})$$

La curva de rendimiento muestra la limitación del lado de succión requerida (NPSHR) para la bomba a lo largo de toda su curva.

$$\text{Altura neta de succión requerida (NPSHR)} = 18'$$

$$\text{Altura neta de succión positiva (NPSHA)} = 32,6'$$

$$\text{NPSHA} \geq \text{NPSHR} + 3'$$

$$32,6' \geq 18' + 3'$$

$$32,6' \geq 21'$$

El requerimiento de cálculo de la altura neta de succión es que NPSHA debe ser lo suficientemente grande respecto al NPSHR., entonces se cumple la regla ITT Goulds Pumps, mencionada en el literal 2.2.2.3 Limitaciones de la succión

Los motores deben cumplir características especiales mencionadas a continuación, para el control con variadores de frecuencia, las características técnicas requeridas son:

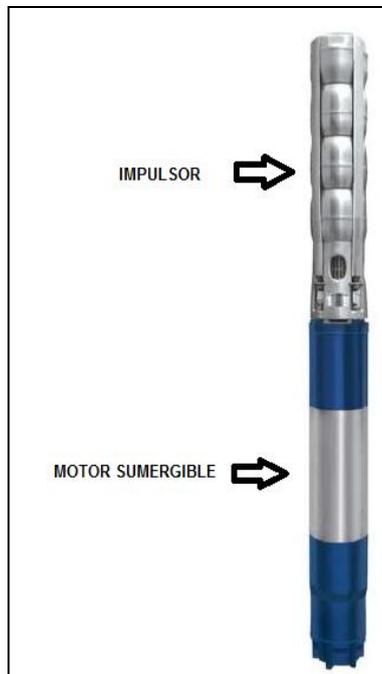
- ✓ Clase de aislamiento F, porque comprende materiales a base de mica, fibra de vidrio con materiales sintéticos, siliconados, poliésteres. Los límites de temperatura característica es 155 grados centígrados (°C).
- ✓ Temperatura clase B porque la norma IEC 34-1 cumple con los límites para las sobre temperaturas de los bobinados.

clase de aislamiento	A	E	B	F	H
temperatura límite (°C)	75	90	95	115	140

- ✓ Aislamiento reforzado de las bobinas porqué los sistemas de propulsión para tensiones superiores a los 420 V necesitan un aislamiento reforzado de la bobina. Es necesaria especialmente para motores que estén conectados a un variador de frecuencia.
- ✓ Uso de filtros LC (necesario) porqué limita la derivada de la tensión respecto al tiempo, así como corrientes capacitivas parasitas en los cables al motor, con la utilización de los filtros LC se puede usar cables de motor apantallados más largos y la durabilidad del motor alcanzará valores como en una alimentación directa con la red, lo que permite utilizar motores antiguos no preparados para uso con variadores de frecuencia.

El accionamiento seleccionado es la bomba Franklin Electric, Modelo: 2396218621, trifásica 460 V, 50 HP, el siguiente grafico 12: Bomba Franklin Electric muestra el accionamiento utilizado.

**Gráfico 13: Bomba Franklin Electric.**



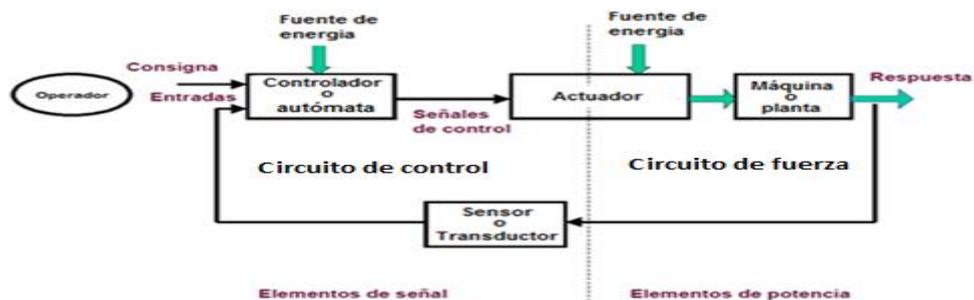
Fuente: Franklin Electric

#### **4.6 Diseño del sistema de automatización y control**

Se describe el tipo de automatismo y sus características técnicas, de acuerdo al diseño hidráulico de riego en base a una planificación integrada de seguridad, calidad y medio ambiente.

Cumpliendo normas ISO 9001 de calidad - ISO 14001 medio ambiente para el entorno de trabajo de la empresa Gardaexport S.A. indispensable para el funcionamiento del sistema de riego automático de la florícola.

Una de las aplicaciones más importantes de la automatización en la agricultura son los sistemas de riego automático. Un sistema de automatización de este tipo tiene los siguientes componentes descritos en el siguiente diagrama 6: Diagrama universal utilizado en un automatismo.



**Máquina:** Es el accionamiento, para el proyecto es la bomba sumergible FRANKLIN ELECTRIC de 50 HP, 37 KW, 460 voltios, 60 Hz, clase F para uso con dispositivo de frecuencia variable.

**Fuente de energía:** La energía eléctrica aplicada para la alimentación es 460 voltios, para los equipos de potencia, y la tensión nominal utilizada en el control es 220 voltios, se utilizará transformadores de control industrial para el sistema.

**Controlador:** Un variador de frecuencia Sinamic's Power Module 240, 60 HP, 460 voltios en la entrada, 60 Hz.

**Transductor:** El transmisor de presión Danfoss utilizado, está diseñado cumpliendo normas ISO 9001 de calidad - ISO 14001 medio ambiente para el entorno de trabajo de la empresa Gardaexport S.A. Las especificaciones técnicas del transductor se muestran en la tabla 11.

**Tabla 10: Especificaciones eléctricas del transductor**

Señal de salida nominal	4 a 20 mA
Tensión de alimentación , UB (polaridad protegida)	10 a 28 V cc
Dependencia de tensión	$\leq \pm 0.05\% \text{ FS}/10 \text{ V}$
Presión relativa	0 – 10 bares

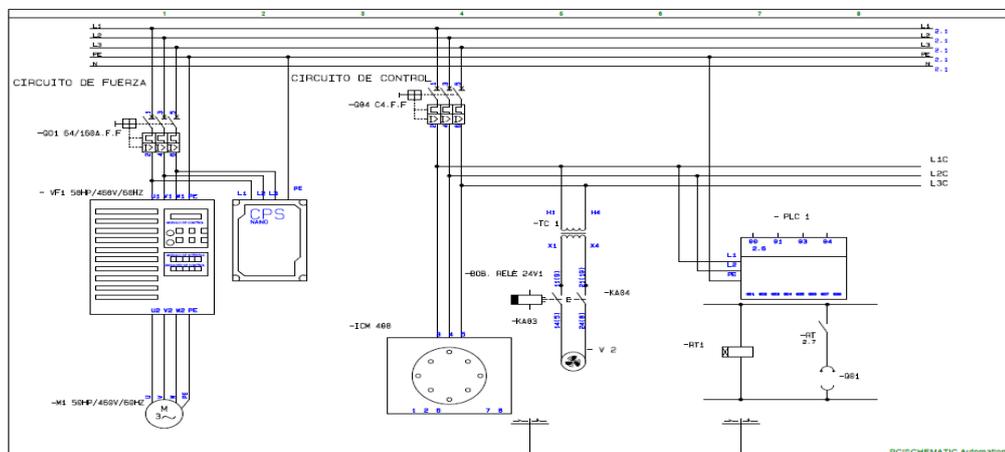
Fuente: Danfoss

#### 4.6.1 Diseño del esquema eléctrico de control y fuerza

Para la elaboración del diseño del esquema eléctrico de control y fuerza se ha seguido el estudio de las fases de un automatismo, en el literal 2.3.2.4 fases esenciales que tiene un automatismo, estas fases o tareas esenciales que tienen los automatismos se las desarrolla de la siguiente manera:

1. Diseño
2. Dimensionamiento de los dispositivos
3. Esquemas eléctricos se utiliza la norma IEC 617
4. Cuadro eléctrico explicativo de emplazamiento
5. Prueba de funcionamiento
6. Puesta en marcha

#### Diagrama 7: Esquema de fuerza y control



Elaborado por: Los autores

El diagrama 7 muestra el estudio de las funciones básicas que se realizó en el automatismo. El comportamiento del automatismo se ejecutó con precisión en esta fase, demostrando con claridad todas y cada una de las operaciones a desarrollar, solventando el estudio e investigación para el funcionamiento del automatismo.

El circuito de fuerza consta de un conjunto de dispositivos adecuados para realizar el automatismo. Se calculó la potencia eléctrica que debe soportar cada uno de los elementos del automatismo como el interruptor termomagnético de alimentación –Q01 64/160 amperios, el variador de frecuencia –VFD1 50HP/460V/60HZ designado mediante los cálculos de el accionamiento utilizado –M1 50HP/460V/60HZ.

Los cables de alimentación y de señal, se calculó mediante la capacidad de los dispositivos utilizados en el circuito de fuerza, se utilizó un conductor caucho 2 AWG para bomba sumergible con las siguiente características.

**Gráfico 14: Características de cable sumergible**

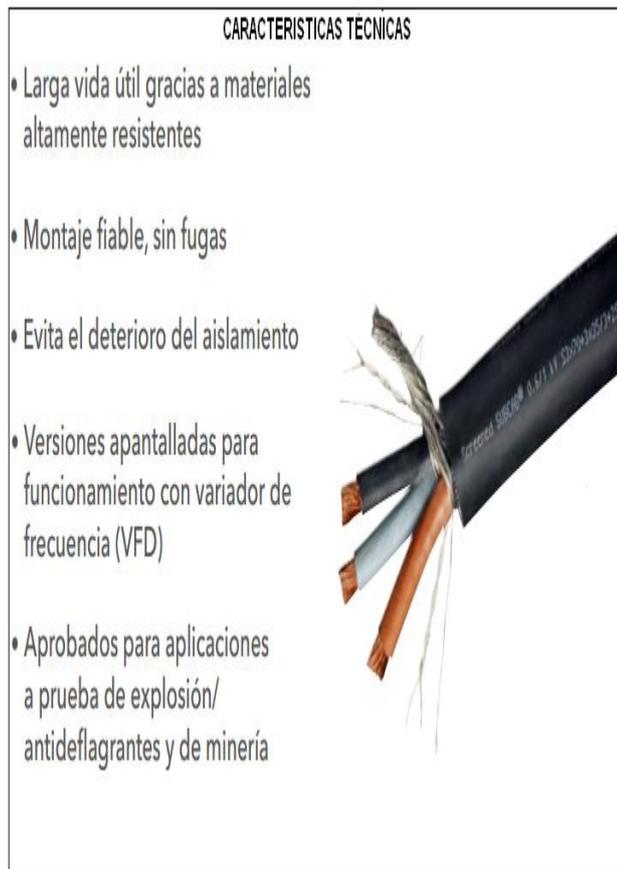


Fuente: Jainson

El estudio de las características del sistema de la automatización como las señales usadas en la interconexión de los módulos de control se utilizó un conductor flexible 16 AWG; el elemento (-QO4 C4) instalado para la protección de los dispositivos de control. La alimentación del transductor

de presión se lo realizo con un conductor apantallado 18 AWG para uso de variadores de frecuencia.

### Gráfico 15: conductor apantallado de control



Fuente: Flygt

El esquema eléctrico cumple una función, ser integro en las protecciones, claro donde se encuentren representados todos los componentes perfectamente conectados y referenciados mediante las normas IEC 617.

CPS NANO es un supresor de voltaje dispositivo compacto para todo tipo de protección contra sobretensiones transitorias según UL1449 3rd Edición, IEEE C.62.41.2 2002.

ICM 408 monitor trifásico de voltaje que ofrece protección contra pérdida de fase, inversión, desequilibrio, alto y bajo voltaje, 50/60 Hz, 190-480 VAC, representado en el gráfico 16.

**Gráfico 16: Monitor trifásico ICM 408**



Fuente: Controls ICM

El controlador lógico programable -PLC 1 (LOGO) es ideal para tareas sencillas de automatización industrial.

Es un módulo inteligente su extraordinaria facilidad de manejo lo tiene todo en cuanto a funcionalidades gracias a su alta capacidad de almacenamiento y su uso eficiente de la memoria.

#### **4.7 Suministro eléctrico**

La ubicación del proyecto carecía de energía eléctrica, se realizó una extinción de red de distribución trifásica en media tensión 13.2 kV.

#### 4.7.1 Diseño de la red de distribución

Los cálculos para la demanda del transformador se describen en la tabla 12: Calculo de la demanda de diseño para el transformador, mediante las Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica, dados por el Ministerio de Energía Renovable . El diseño se proyecta para la conexión de la bomba sumergible de 50 HP calculada para el proyecto, dos bombas centrífugas de 30 HP proyectada como sistema alterno cuando la bomba de 50HP entre en el periodo de mantenimiento y un agitador de 20 HP para el oxigenamiento del agua del reservorio.

**Tabla 11: Cálculo de la demanda de diseño para el transformador**

<b>Nombre del Proyecto:</b>		MONTAJE DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 125 kVA Y CONSTRUCCIÓN DE RED TRIFÁSICA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A.						
<b>Localización:</b> Cantón Cayambe, sector Nápoles								
<b>Usuario Tipo:</b> Industrial								
Ítem	Aparatos Eléctricos				FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMU (W)
	Descripción	Cant.	P (W)	Pn(W)				
1	Bomba sumergible 50HP	1	37500	37500	100	37500	100	37500
2	Bomba centrífuga 30 HP	1	22000	22000	90	19800	90	17820
3	Bomba centrífuga 30 HP	1	22000	22000	90	19800	90	17820
4	Agitador 20 HP	1	15000	15000	100	15000	100	15000
						<b>92100</b>		<b>88140</b>
<b>Factor de potencia FP =</b>		<b>0,92</b>						
<b>Factor de Demanda FDM = DMU/CIR =</b>		<b>0,95</b>						
<b>DMU (KVA) =</b>		<b>112,51</b>						
<b>ENTONCES SE RECOMIENDA INSTALAR UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE: 125 [KVA]</b>								

Elaborado por: Los autores

#### **4.7.2 Descripción actual y proyectada**

Para abastecer de energía eléctrica al nuevo proyecto de la empresa Gardaexport S.A. se requiere montar un transformador **TRT-3C125**, con el objetivo de conseguir cubrir la demanda proyectada.

El proyecto se realizó aplicando estrictamente las Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica emitidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

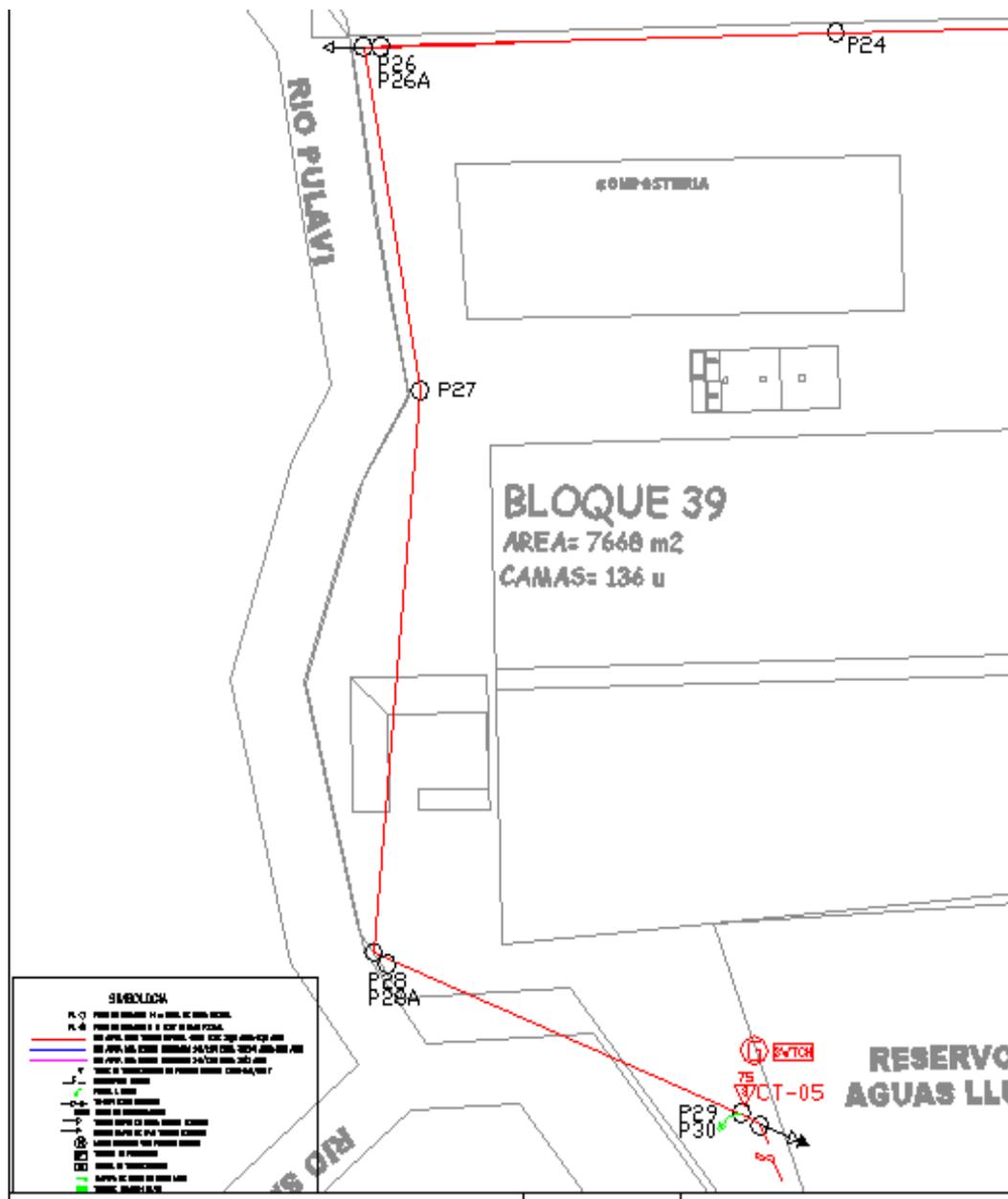
#### **4.7.3 Descripción de la red de distribución primaria**

La red de distribución de 13.2 KV de la empresa Gardaexport S.A., tiene como punto de inicio el poste de hormigón de 11metros designado como **C5P92**, luego de lo cual existe un vano suave hasta el poste inicio **P1**, donde se encuentra montado un trafomix de 30/5 amperios para el sistema de medición.

El proyecto se realizó partiendo de la línea trifásica de 13.2 kV existente en la empresa Gardaexport S.A., se desarrolló en el poste de hormigón de 11metros y designado como **P26A**, el transformador se lo montó en la torre de transformación constituida por los postes **PO0-0HC12\_500 P29/P30**.

La red de distribución primaria está soportada en postes **PO0-0HC12\_500**. Las características técnicas de construcción de la red de distribución primaria existente y proyectada, la ilustración 2 indica el diagrama de red de medio voltaje.

Ilustración 2: Red de medio voltaje



Elaborado por: Los autores

#### 4.7.4 Cálculo de la caída de voltaje en la red de distribución medio voltaje

El límite de la caída de voltaje es de 1% según las Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del

Sistema de Distribución Eléctrica, Los resultados y el tipo de conductor se muestran en la tabla 13.

**Tabla 12: Caída de voltaje en la red de distribución medio voltaje**

CALCULO DE LA CAIDA DE VOLTAJE			CENTRO DE TRANSFORMACION		MVT4	TRT-3C125
TIPO DE INSTALACION	Aereo		USUARIO TIPO		INDUSTRIAL	
TENSION	13800/480 V Nº FASES: 3		DMU		69,05 KVA	
LIM DE CAIDA DE TENSION	1%		CIRCUITO Nº		1	
			CONDUCTOR		COD-3P(2)	

ESQUEMAS		Nº DE USUARIOS	DEMANDA KVA(d)	CONDUCTOR		COMPUTO			
TRAMO				SECCION mm <sup>2</sup>	KVA-m	TOTAL			
DESIG	LONG(M)	FASES	Calibre			ΔV	ΔV%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P26 - P30	1200	1	125	3	2	33,65	150000	8,70519156	0,0630811

Elaborado por: Los autores

#### 4.7.5 Descripción del sistema de protección del centro de transformación y de red secundaria

Para la protección del transformador de distribución contra fallas de origen interno que ocasionan sobre corrientes en el lado primario, se utiliza fusibles tipo K es de fusión rápida y deberá soportar 150 % de su intensidad nominal con un funcionamiento normal consta de un hilo fusible de plata pura ( para amperajes menores a 6 A, aleación cromo-níquel ), bobinado helicoidalmente para evitar el efecto corona, los terminales de contacto estarán plateados para evitar la aportación de vapores metálicos que ionizarían el aire en el momento de la interrupción de la falla.

Las denominaciones para fusibles utilizados por el ministerio de energías renovables se detallan en la tabla 14: sistema de protección del centro de transformación.

**Tabla 13: Sistema de protección del centro de transformación**

DENOMINACIÓN DEL TRANSFORMADOR	CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR	PROTECCIÓN
MVT4	TRT-3C125	SPT-3S175
<p><b>Especificaciones del fusible</b></p> <p><b>Tension 13.2 kV.</b></p> <p><b>Corriente 8 Amp.</b></p>		

Elaborado por: Los autores

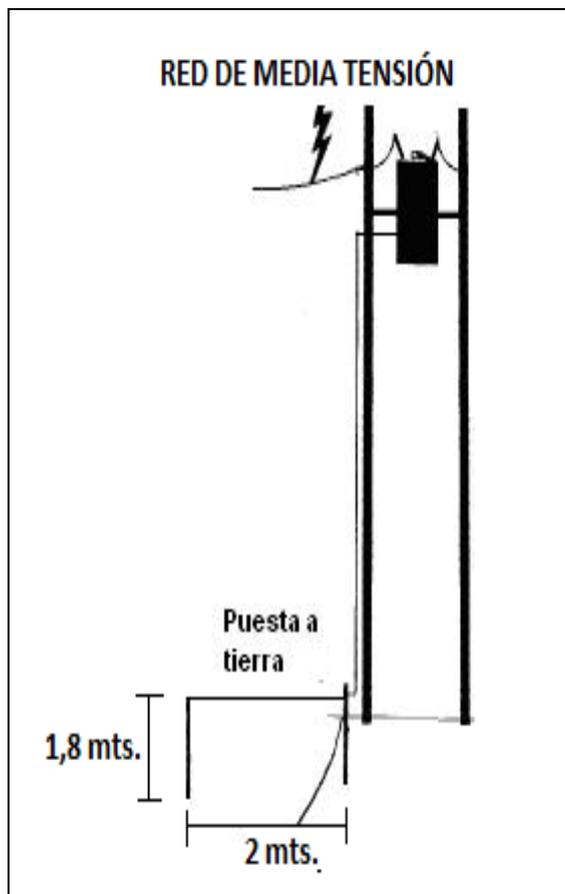
Para la protección de sobrecargas de origen atmosférico que causan sobre voltajes, se utilizan pararrayos tipo auto válvula de polímero, adecuados para operar a un voltaje de servicio de 13.2 kV, con voltajes nominales de 10kV, conectado a su respectiva tierra, con un conductor de cobre desnudo #2 AWG, soldada a una varilla copperweld de alta camada, 5/8” de  $\varnothing$  x 1,8 metros de longitud.

#### 4.7.6 Sistema de puesta a tierra

Se utilizó una puesta a tierra mallada PT0-0DC2 bajo normas RA6 que rige la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A., donde se colocó 2 varillas

coppeweld, para los pararrayos y el equipo de transformación, a una distancia de 2 metros la una de la otra varilla como se muestra en el gráfico 17. La unión entre las varillas copperweld y el conductor de cobre se lo realizó con soldadura exotérmica y se le agregará una funda de gel reductor de la resistividad, para el centro de transformación.

**Gráfico 17: Puesta a tierra normas técnicas RA6**



Fuente: Redes de distribución

#### 4.7.7 Estructuras y soportes

Para el correcto funcionamiento del proyecto, en la parte operativa y técnica se utilizó las estructuras que constan en las normas de construcción de redes de distribución de EMELNORTE S.A.

#### **4.7.8 Descripción del centro de transformación**

El centro de transformación MTV4 a ser instalado, tiene un transformador TRT-3C125, relación de voltajes 13200 / 0.46 kV, clase distribución, con refrigeración natural en aceite (ONAN), clase de aislamiento Ao (Aislamientos sólidos y Fluido refrigerante Clase A), está preparado para trabajar en forma continua y a la intemperie. Su diseño permite tener características técnicas de acuerdo a las necesidades ambientales requeridas, cumpliendo las normas nacionales INEN 2120 y las normas internacionales ANSI/IEEE C57.12.

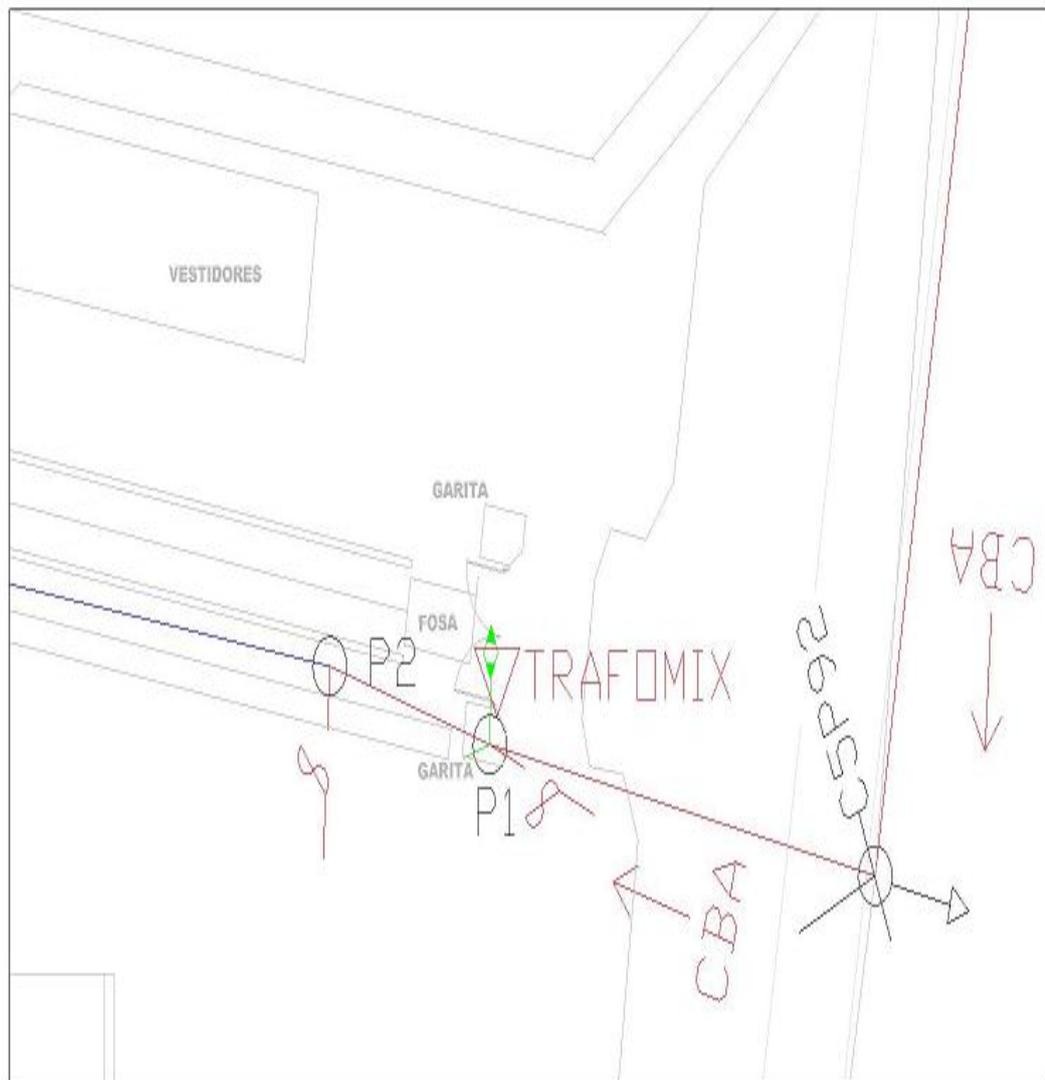
#### **4.7.9 Descripción de la red de distribución secundaria subterránea y sistema de medición**

De los Bushing de baja tensión del transformador TRT-3C125 hasta los portafusibles de baja tensión se realizó con un conductor COD-3P (4/0).

Los terminales de salida de los portafusibles del centro de transformación hacia el tablero principal de control baja por un tubo poste EMC, de 3" de diámetro x 6 metros de longitud, seguido por una manguera aterrada de PVC de 90 milímetros. Donde se instaló un gabinete metálico 200 x 80 x 60 centímetros y el interruptor termomagnético de caja moldeada de 250 Amperios, ubicado en el cuarto de control.

Para el proyecto no se considera el medidor de energía, ya que EMELNORTE S.A. cuenta con un trafomix 30/5 amperios, el cual se encuentra ubicado en el poste P1 en la entrada de la Empresa Gardaexport S.A., mismo que registra todo el consumo de la florícola.

**Gráfico 18: Plano de ubicación del trafomix**



Elaborado por: Los autores

#### **4.7.10 Cálculo de la caída de voltaje en la red de distribución secundaria**

El límite de la caída de voltaje es de 3,5% según las normas de distribución para redes secundarias de EMELNORTE S.A., Los resultados y el tipo de conductor se muestran en la tabla 15. La caída de tensión se realizó desde el punto 0 (Transformador) hasta el punto 1 (interruptor termomagnético).

**Tabla 14: Caída de voltaje en la red de distribución secundaria**

CALCULO DE LA CAIDA DE VOLTAJE BAJA TENSION				CENTRO DE TRANSFORMACION		MVT4	TRT-3C125
TIPO DE INSTALACION	SUBTERRANEO			USUARIO TIPO	INDUSTRIAL		
TENSION	480 V	Nº FASES: 3		DMU	69,05 KVA		
LIM DE CAIDA DE TENSION	3,50%			CIRCUITO Nº	1		
				CONDUCTOR	COD-3P(4/0)		

ESQUEMA

ESQUEMAS		Nº DE USUARIOS	DEMANDA KVA(d)	CONDUCTOR		COMPUTO			
TRAMO				FASES	Calibre	SECCION mm²	KVA-m	TOTAL	
DESIG	LONG(M)						$\Delta V(V)$	$\Delta V\%$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-1	50	1	125	3	4/0	107,41	6250	2,097072898	0,436890187

PROTECCIONES DE LA RED DE BAJA TENSION		
PROTECCIONES NH	PROTECCIONES DISYUNTOR	CALIBRE DEL CONDUCTOR
NH 12 (200 A)	EZC250N	COD-3P(4/0)

Elaborado por: Los autores

#### 4.8 Selección del variador de frecuencia

Las especificaciones eléctricas de la bomba sumergible Franklin Electric calculadas sirven como referencia para designar las características del variador de frecuencia a utilizar.

De igual manera, se toman en cuenta algunas recomendaciones como:

- La modulación del sistema de riego automático que se le designará al controlador, sirve para determinar el variador de frecuencia que tiene una amplia gama funcionalidades.
- Niveles de voltajes en las que se va funcionar el sistema.
- La capacidad o potencia requerida para el controlador en relación con el accionamiento.

Todas estas recomendaciones son necesarias para la elección del controlador para el trabajo específico. Previniendo la vida útil de los mecanismos utilizados en la automatización cumpliendo la prueba de funcionamiento, una planificación preventiva en las condiciones de trabajo real de control con el funcionamiento de la máquina.

#### 4.8.1 Características del convertidor de frecuencia utilizado

De acuerdo a las especificaciones calculadas la bomba sumergible FRANKLIN ELECTRIC de 50 hp, 37 kW, 460 voltios, 60 Hz, clase F, descrita en el numeral anterior, se escogió un variador de frecuencia Siemens Sinamics Power Module CU240, de 60 Hp, 460 voltios, 60 Hz.

**Gráfico 19: Variador de frecuencia Siemens CU240**



Fuente: Sinamics

## 4.9 Análisis

El análisis comparativo se realizó con datos históricos del sistema de riego inicial tomados en los meses desde octubre del 2012 hasta abril del 2013 con los datos del sistema automatizado en los meses de mayo del 2013 hasta octubre del 2013.

### 4.9.1 Demanda proyectada total

La demanda de agua que debe cubrir es 1 litro/segundo por hectárea, la superficie del proyecto nuevo es 50 hectáreas.

Lo que significa que el área total de la florícola es de 79,2 incluyendo las hectáreas de la instalación antigua. El caudal total requerido es 80 galones por minuto, la tabla 16 muestra las características de la bomba sumergible.

**Tabla 15: Unidad del sistema de riego.**

Sistema de riego proyectado total					
Bomba	Fases	Potencia (HP)	Caudal (gpm)	THD (pies)	Eficiencia (%)
Bomba sumergible	Trifásica	50	80	1251	60

Elaborado por: Los autores

Se instala una bomba sumergible con las características calculadas, para demostrar los resultados del proyecto con un sistema eléctrico manual (inicial) y un sistema de riego automático. Entonces, se pudo deducir el consumo hídrico y demostrar los objetivos planteados. La tabla 17: Datos de la bomba centrífuga Berkeley con el sistema inicial. A continuación nos muestra los cálculos de consumo del sistema inicial en comparación con el sistema actual automatizado.

#### 4.9.2 Comparación de consumo sistema (inicial) vs automático

Se realizó una recolección de datos medidos de consumo hídrico en cada punto de consumo instalados en los bloques de flores para determinar el consumo hídrico unitario que se necesita para el riego.

##### 4.9.2.1 El sistema de riego inicial

El sistema inicial trabaja al 100% de su capacidad, para 42 bloques de flores; se realizará recolección de datos de corriente, voltaje, tiempo en los meses de noviembre del 2012 a abril del 2013 comparando en meses similares, para determinar la optimización de uso del agua.

**Tabla 16: Datos de la bomba centrífuga Berkeley con el sistema inicial.**

Datos de la bomba sumergible con un sistema manual		
Voltaje nominal (voltios)	Corriente nominal (amperios)	Tiempo (horas)
220	40	12
Caudal (galones por minuto)	Altura dinámica total (pies)	Constante K (m/s <sup>2</sup> )
56	720'	9,81

Elaborado por: Los autores

Fórmula para el cálculo de la potencia según la bomba.

$$P = k \times Q \times H$$

Dónde:

P= potencia en el eje.

k= constante  $9,81\text{m/s}^2$ .

Q= caudal en litros por segundo

H= altura dinámica total en metros.

$$P = 9,81\text{m/s}^2 \times 56 \text{ GPM} \times 720' \text{ pies}$$

$$P = 9,81\text{m/s}^2 \times 3,5 \text{ lt/s} \times 220 \text{ m}$$

$$P = 7\,554 \text{ W} = 7,6 \text{ KW}$$

#### 4.9.2.2 Sistema de riego control automático

El sistema de riego automático abastece 84 bloques de flores, se recolectó datos de los valores de voltaje, corriente, tiempo, cuando el sistema de riego estaba en funcionamiento desde mayo del 2013 hasta octubre del 2013, estos datos se representa en la tabla 18.

**Tabla 17: Datos de la bomba sumergible con el sistema automático.**

Datos de la bomba sumergible con un sistema automático		
voltaje nominal (voltios)	corriente nominal (amperios)	tiempo (horas)
458	40	18
caudal (galones por minuto)	altura dinámica total (pies)	constante K ( $\text{m/s}^2$ )
50	1251'	9,81

Elaborado por: Los autores

Fórmula para el cálculo de la potencia según la bomba.

$$P = k \times Q \times H$$

Dónde:

P= potencia en el eje,

k= constante 9,81 m/s<sup>2</sup>,

Q= caudal en litros por segundo,

H = altura dinámica total en metros.

Para el presente caso:

$$P = 9,81 \text{ m/s}^2 \times 50 \text{ gpm} \times 1251' \text{ pies}$$

$$P = 9,81 \text{ m/s}^2 \times 3,15 \text{ lt/s} \times 381 \text{ m}$$

$$P = 11\,927 \text{ W} = 12 \text{ KW}$$

#### **4.9.3 Ahorro de energía**

El ahorro de energía, ha sido calculado mediante datos diarios, recolectados desde el inicio de funcionamiento del sistema de riego automático, se logró demostrar los objetivos del planteamiento del proyecto, demostrando el consumo de agua necesaria para el sistema de riego inicial es 3,5 lt/s y el consumo de agua con el sistema de riego actual es 3,15 lt/s se determinó mediante los cálculos realizados con los parámetros hídricos teniendo como resultado la potencia en el eje del motor.

El ahorro energético es directamente proporcional con la optimización del agua, se demostró que se tiene un ahorro de 38% de energía eléctrica, que se lo demuestra en la siguiente tabla 19.

**Tabla 18: Ahorro de energía**

Ahorro de energía al año de la bomba sumergible 50 HP										
	Sistema inicial 2012-2013			Sistema automático 2013			Sistema manual		Sistema automático	
	Horas (diarias)	Voltaje (V)	Corriente (Amp)	Horas (diarias)	Voltaje (V)	Corriente (Amp)	KW	KWH	KW	KWH
Noviembre	12	220	40				15,2	5487		
Diciembre	12	220	40				15,2	5670		
Enero	12	220	40				15,2	5670		
Febrero	12	220	40				15,2	5121		
Marzo	12	220	40				15,2	5670		
Abril	12	220	40				15,2	5487		
Mayo				14	460	18			14,3	6206
Junio				14	460	18			14,3	6006
Julio				18	460	18			14,3	7979
Agosto				20	460	18			14,3	8866
Septiembre				20	460	14			11,15	6690
Octubre				20	460	14			11,15	6913
TOTAL ENERGÍA ELÉCTRICA EN kWh :								33105		42660

Elaborado por: Los autores

La tabla 19 describe el consumo eléctrico mensual en kWh con el sistema de riego inicial vs automático.

El consumo eléctrico del sistema de riego inicial en kWh calculado desde el mes de noviembre del 2012 hasta abril del 2013; el consumo eléctrico de riego automático en kWh se calculó en los meses de mayo del 2013 a octubre del 2013 .Para demostrar el ahorro se realizó un cuadro comparativo del sistema de riego automático y el sistema de riego inicial en meses similares de diferentes años

Entonces, el costo del consumo eléctrico del sistema de riego inicial es:

33105 kWh x 0,09 USD/kWh = 2979,45 USD. Para 42 bloques

Costo del consumo eléctrico del sistema de riego automático es:  
42660 kWh x 0,09 USD/kWh = 3839 USD. Para 84 bloques

Una vez calculado un costo total considerando cada sistema de riego (inicial vs automático), se pretende demostrar el ahorro de energía mediante el siguiente análisis comparativo. El ahorro es evidente por que se abastece con el sistema de riego el doble de bloques de flores con un incremento de mil dólares.

#### 4.9.4 Análisis comparativo del sistema inicial vs automático.

El análisis se realizó presentando el consumo de energía eléctrica de los meses de noviembre del 2012 hasta abril del 2013, cuando se trabajó con el sistema de riego inicial, determinando el consumo eléctrico de los meses de mayo del 2013 a octubre del 2013 con el sistema de riego automático, los mismo que se detallan en la tabla 20 y el gráfico 20.

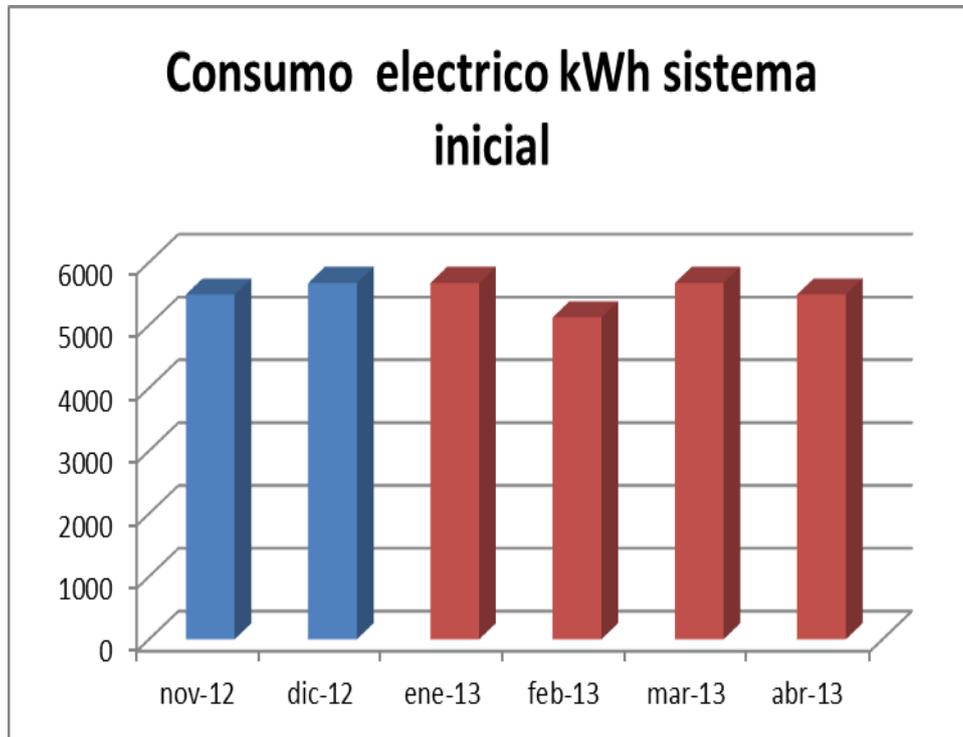
**Tabla 19: Consumo eléctrico sistema inicial**

Periodo	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Consumo kWh calculado	5487	5670	5670	5121	5670	5487

Elaborado por los autores

La tabla 20 demuestra el consumo eléctrico calculado en los meses que se recopilaron los datos, en el periodo mayo a octubre se relacionó con meses similares.

**Gráfico 20: Consumo eléctrico sistema inicial**



Elaborado por: Los autores

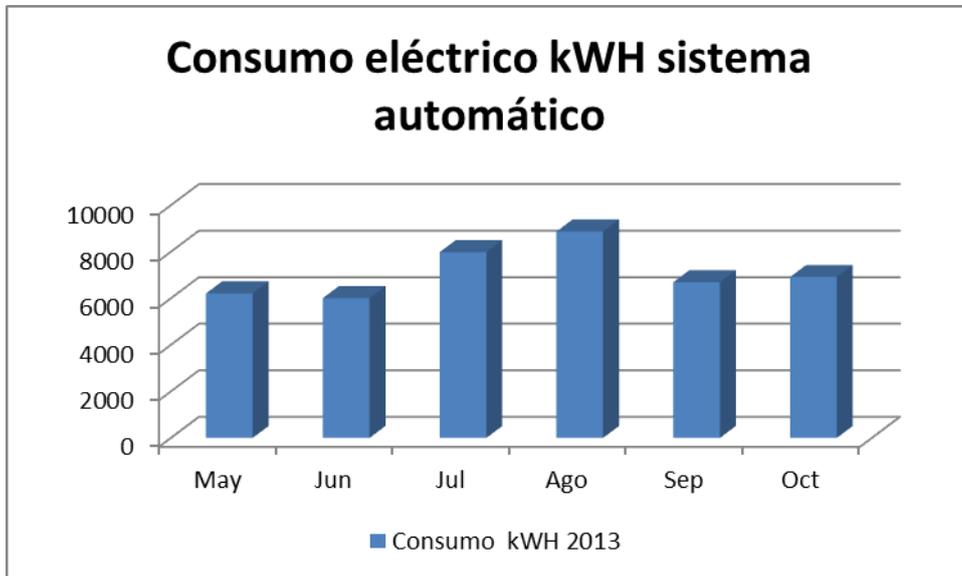
Los datos de consumo de energía eléctrica, en los meses mayo hasta octubre del 2013, en los que se trabajó con el sistema de riego automático, el consumo en los meses de noviembre y diciembre del 2013 hasta abril del 2014 se determinó con meses similares, en la tabla 21 y el gráfico 21 se presenta los valores obtenidos.

**Tabla 20: Consumo eléctrico sistema automático**

Periodo	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Consumo kWh 2013	6206	6006	7979	8866	6690	6913

Elaborado por: Los autores

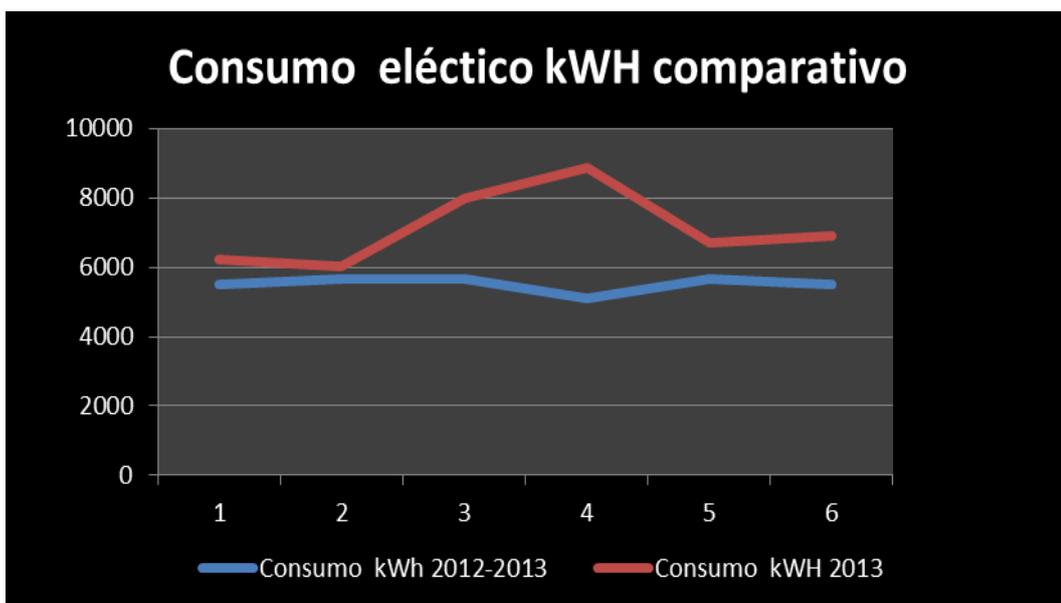
**Gráfico 21: Consumo eléctrico sistema automático.**



Elaborado por: Los autores

A continuación se presenta los resultados en el gráfico 22, los dos sistemas inicial vs automático.

**Gráfico 22: Consumo eléctrico comparativo**



Elaborado por: Los autores

En los cálculos realizados determinan, los costos del sistema inicial, sistema automático, la tabla 23 dice que el sistema de riego antes de la implementación su costo es 2979,45 dólares pero solo para 42 bloques de rosas, y con el sistema de riego automático realizado su costo es 3839 dólares, porque hoy abastece 84 bloques de rosas y se dimensionó a esa demanda. Entonces el ahorro será evidente si consideramos el duplicar el sistema inicial, y se determina que la diferencia de costo es 2119.9 dólares.

Generalmente los equipos, dispositivos instalados tienen una vida útil de 25 años, con un mantenimiento apropiado. Lo que representaría 24 años de ganancias netas.

**Tabla 21: Análisis Comparativo**

	<b>Capacidad hídrica</b>		<b>Capacidad eléctrica</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Sistemas de riego</b>	<b>Bloques de rosas</b>	<b>Caudal (gpm)</b>	<b>Consumo (kWh)</b>	<b>Costo (Dólares)</b>
Sistema de riego inicial	42	56	33105	2979.45
Sistema de riego automático	84	50	42660	3839

Elaborado por: Los autores

#### **4.10 La modularidad del sistema del variador de frecuencia**

Los beneficios de la modularidad permiten adaptarse a diferentes condiciones (espacio físico) que posteriormente puedan presentarse. El variador de frecuencia tiene componentes que a continuación se describen con mayor detalle en el gráfico 23.

**Gráfico 23: Componentes del variador de frecuencia**



Fuente: Sinamics

#### **4.10.1 Componentes principales del variador de frecuencia**

Todo variador de frecuencia SINAMICS G120 está compuesto por una unidad de control y un módulo de fuerza.

- La unidad de control supervisa y vigila el módulo de fuerza y el motor conectado en varios modos de regulación seleccionables, mediante la unidad de control gobierna el variador de frecuencia de modo local o centralizado.

Componentes para la puesta en marcha, el diagnóstico y control del variador de frecuencia Inteligente.

## 4.10.2 Panel de Operación Inteligente (IOP)

Se puede operar el variador de frecuencia mediante:

- El panel de mando para una puesta en marcha, diagnóstico y control del variador de frecuencia de una forma opcional.
- Como dispositivo portátil o directamente en el convertidor.

**Gráfico 24: Regleta de bornes del (IOP) CU240E-2**

Bornes	Designaciones de bornes	Explicaciones
	31 +24V IN	Entrada de 18 V ... 30 V de la alimentación de la electrónica con respecto a GND
	32 GND IN	Potencial de referencia para el borne 32
	34 DI COM2	Potencial de referencia para entradas digitales 1, 3, 5, 12
	10 AI1+	Entrada analógica 1 (-10 V ... 10 V, 0/4 mA ... 20 mA) o entrada digital 12
	11 AI1-	Potencial de referencia para entrada analógica 1
	26 AO1+	Salida analógica 1 (0 V ... 10 V, 0 mA ... 20 mA, máx. 500 Ω)
	27 GND	Potencial de referencia común
	1 +10V OUT	Salida de 10 V con respecto a GND, máx. 10 mA
	2 GND	Potencial de referencia común
	3 AI 0+	Entrada analógica 0 (-10 V ... 10 V, 0/4 mA ... 20 mA) o entrada digital 11
	4 AI 0-	Potencial de referencia para la entrada analógica 0
	12 AO0+	Salida analógica 0 (0 V ... 10 V, 0 mA ... 20 mA, máx. 500 Ω)
	13 GND	Potencial de referencia común
	21 DO 1+	Salida digital 1, positiva, 0,5 A, 30 V DC
	22 DO 1-	Salida digital 1, negativa, 0,5 A, 30 V DC
	14 T1 MOTOR	Sensor del temperatura del motor (PTC, KTY84-130 o NC bimetálico)
	15 T2 MOTOR	Sensor del temperatura del motor (PTC, KTY84-130 o NC bimetálico)
	9 +24V OUT	Salida de 24 V, potencial de referencia GND, máx. 200 mA
	28 GND	Potencial de referencia común
	69 DI COM1	Potencial de referencia para entradas digitales 0, 2, 4, 11
	5 DI 0	Entrada digital 0
	6 DI 1	Entrada digital 1
	7 DI 2	Entrada digital 2
	8 DI 3	Entrada digital 3
	16 DI 4	Entrada digital 4
	17 DI 5	Entrada digital 5
	18 DO 0 NC	Salida digital 0, contacto NC
	19 DO 0 NO	Salida digital 0, contacto NA 0,5 A, 30 V DC
	20 DO 0 COM	Salida digital 0, contacto común
	23 DO 2 NC	Salida digital 2, contacto NC
	24 DO 2 NO	Salida digital 2, contacto NA 0,5 A, 30 V DC
	25 DO 2 COM	Salida digital 2, contacto común

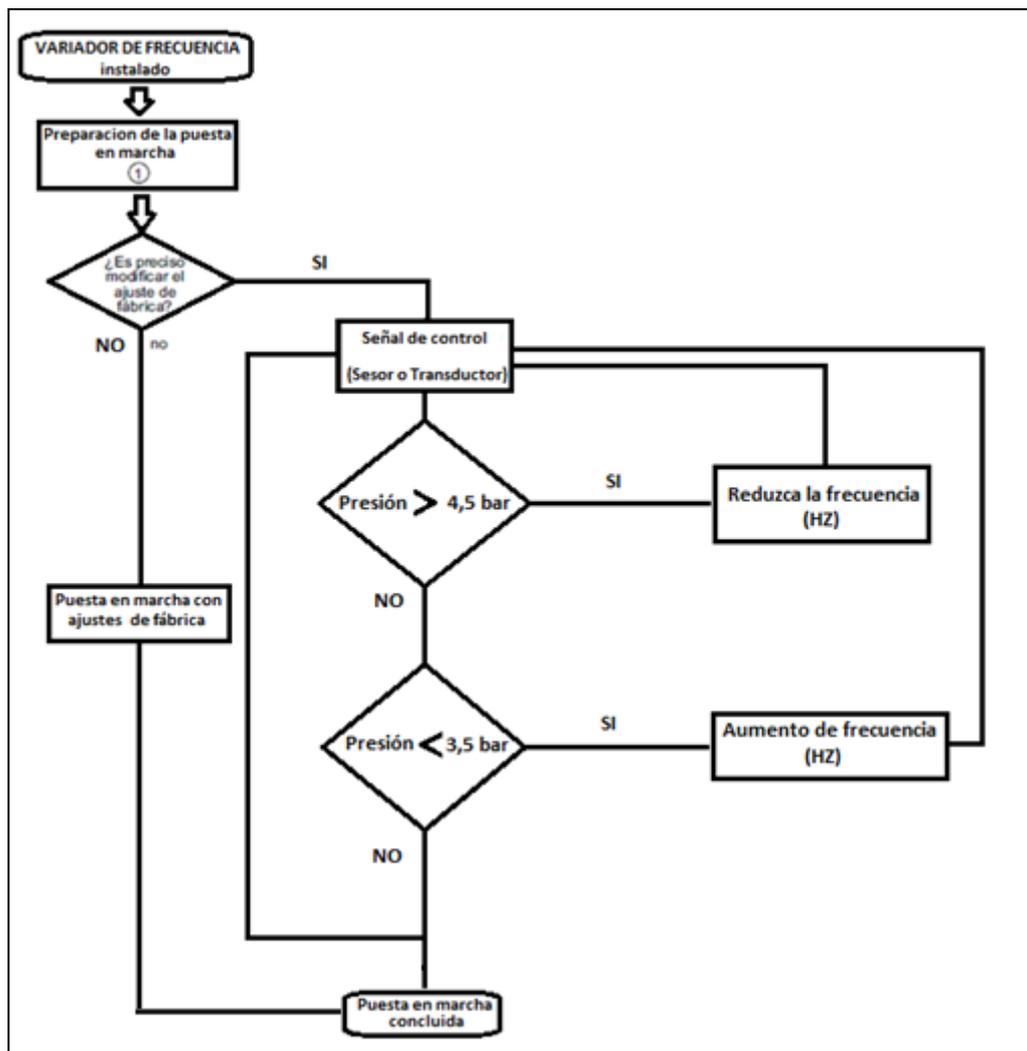
Fuente: Siemens

## 4.10.3 Puesta en marcha

Una vez finalizada la instalación, debe ponerse en marcha el variador de frecuencia, a fin de ajustar sus funcionalidades de manera que la

combinación del variador de frecuencia y motor se adapte perfectamente a la tarea de accionamiento, para acceder a las funciones y parámetros del variador de frecuencia puede usarse el Panel de Operaciones (BOP-2 o IOP) o la herramienta de puesta en marcha STARTER desde el PC.

**Gráfico 25: Secuencia de puesta en marcha o diagrama de flujo**



Fuente: Siemens

El siguiente gráfico 25, muestra la secuencia de puesta en marcha y el denominado diagrama de flujo interno del variador de frecuencia (VFD), antes de empezar con la puesta en marcha, debemos instalar el VFD tanto el módulo de fuerza y el módulo de control, con el fin de seguir

determinando los parámetros de puesta en marcha, el equipo primero compara si es necesario la puesta en marcha modificando los parámetros de ajustes de fábrica, si es NO (lógico) entonces el VFD se pone en funcionamiento mediante los ajustes de fábrica, y la puesta en marcha está concluida; si es SI (lógico) entonces se introduce los parámetros de programación a la necesidad de trabajo del proyecto para que realice el VFD, por medio de una entrada análoga (AI0 o AI1), recibe una señal de control que el transductor de presión le emite en señales o impulsos eléctricos, posteriormente en esta sección compara la presión (P) si es mayor que 4,5 bares, es SI (lógico) el VFD actúa reduciendo la frecuencia de alimentación al motor (reduciendo la velocidad del motor) y el ciclo nuevamente se repite, cuando la presión (P) no es mayor que 4,5 bares, es un NO (lógico) entonces compara nuevamente la presión(P)si no es menor que 3,5 bares, es un SI (lógico)el VFD actúa aumentando la frecuencia de alimentación al motor (aumentando la velocidad del motor) y el ciclo nuevamente se repite, posteriormente si la presión (P) no es mayor que 4,5 bares, es un NO (lógico) entonces compara nuevamente la presión(P) si es menor que 3,5 bares, es un NO (lógico) el VFD lo único que hace mantenerme la frecuencia de alimentación al motor (velocidad del motor constante) y trabajara en el rango requerido.

#### **4.10.4 Preparación de la puesta en marcha**

Los variadores de frecuencia están diseñados de fábrica para aplicaciones con motores asíncronos trifásicos, siendo aptos para los datos de potencia para trabajo de cualquier accionamiento. Una vez finalizada la instalación, debe ponerse en marcha el variador de frecuencia a fin de ajustar sus funcionalidades de manera que la combinación de convertidor y motor se adapte perfectamente a la tarea de accionamiento.

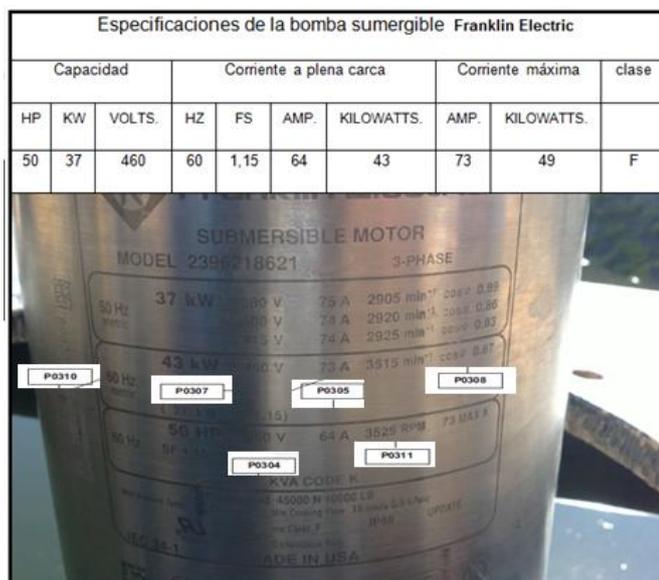
Para acceder a las funciones y parámetros del convertidor puede usarse el panel de operación inteligente (BOP-2 o IOP) o la herramienta de puesta en marcha STARTER desde el PC.

#### 4.10.5 Datos de placa del motor utilizados para la programación del variador de frecuencia

Si utiliza la herramienta de puesta en marcha STARTER y un motor SIEMENS, basta con indicar la referencia del motor; se ingresó los datos de placa del motor en los parámetros correspondientes.

El gráfico 26, muestra los parámetros y datos de placa de la bomba sumergible que se ingresaron en el sistema del variador de frecuencia.

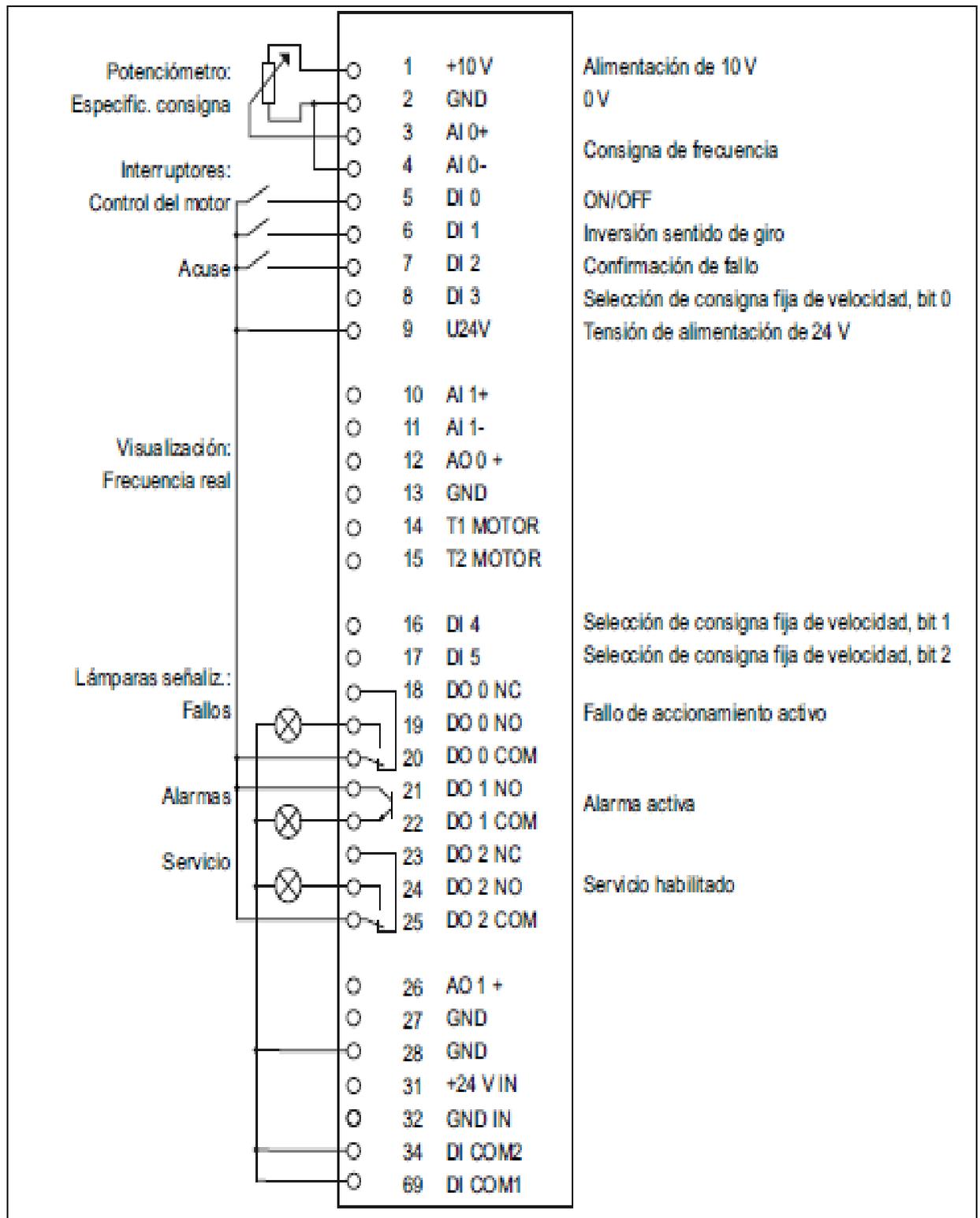
**Gráfico 26: Parámetros de la unidad de control P 0300**



Elaborado por: Los autores

El gráfico 27, muestra los parámetros de conexión general de la unidad de control de variador de frecuencia, para los dispositivos y elementos de control del detector (transductor de presión), y el interruptor de encendido con sus lámparas de señalización.

**Gráfico 27: Preasignación general de la regleta de bornes en la unidad de control CU240E**



Fuente: Siemens

#### **4.10.6 Entrada analógica como entrada de tensión o de intensidad**

El parámetro p0756 se define si la entrada analógica se utilizará como entrada de tensión (10 V) o como entrada de intensidad (20 mA). P0756 [0] se aplica a la entrada analógica 0 y p0756 [1] a la entrada analógica 1. Se dispone de las siguientes posibilidades:

El interruptor DIP correspondiente a la entrada analógica también debe ajustarse en la Unidad de Control.

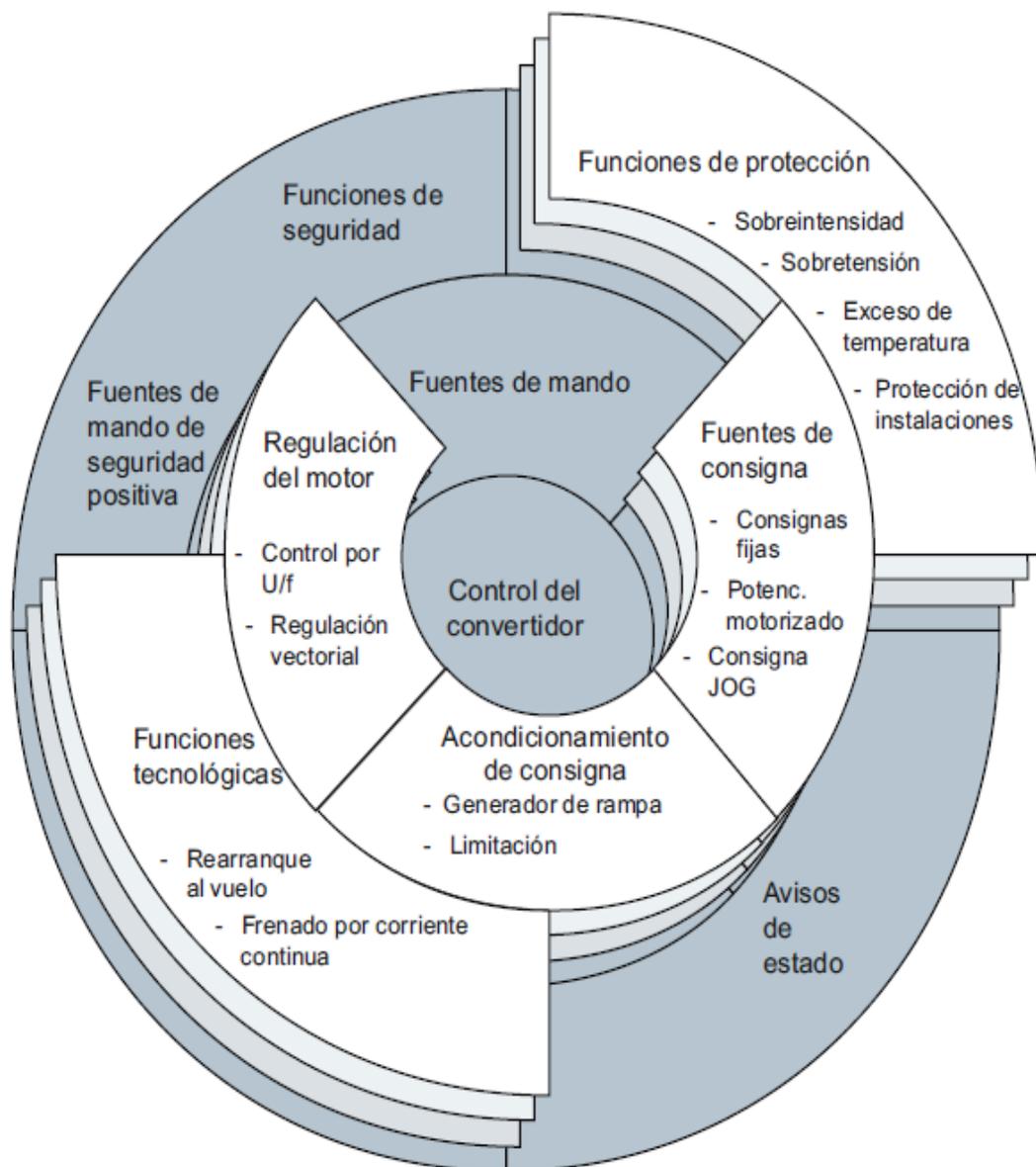
El interruptor DIP se encuentra detrás de las puertas frontales inferiores de la Unidad de Control.

- Entrada de tensión: posición U del interruptor (ajuste de fábrica).
- Entrada de intensidad: posición I del interruptor.

#### **4.10.7 Característica de normalización de la entrada analógica**

Al modificar p0756 se ajusta automáticamente una característica de normalización lineal adecuada para el ajuste. La característica se define mediante dos puntos (p0757 [0...1], p0758 [0...1]) y (p0759 [0...1], p0760 [0...1]). Los parámetros con el índice 0 se aplican a la entrada analógica 0 y los parámetros con el índice 1 se aplican a la entrada analógica 1 (SINAMICS, 2010).

#### 4.10.8 Vista general de las funciones del variador de frecuencia.



#### 4.10.9 Velocidad fija como fuente de consigna

En muchas aplicaciones, una vez conectado el motor, basta con accionarlo a una velocidad constante o conmutar entre diversas velocidades fijas. Algunos ejemplos de este tipo de asignación simple de la consigna de velocidad son los siguientes:

- Cinta transportadora de dos velocidades distintas.
- Rectificadora con distintas velocidades según el diámetro de la muela rectificadora.

Si se utiliza el regulador tecnológico en el variador de frecuencia, pueden predeterminarse magnitudes de proceso constantes en el tiempo con una consigna fija, como en la regulación de un flujo constante con una bomba.

#### 4.10.9.1 Procedimiento

Se pueden ajustar hasta 16 consignas fijas distintas y seleccionarlas a través de entradas digitales, las consignas fijas se definen con ayuda de los parámetros P1001 a P1004 y se asignan a las fuentes de mando (p. ej.: a las entradas digitales) con ayuda de los parámetros P1020 a P1023.

La selección de las distintas consignas fijas puede realizarse de dos modos:

##### a) Selección binaria:

A cada combinación posible de las señales de selección se le asigna exactamente una consigna fija, la selección binaria debe aplicarse preferentemente en caso de un regulador tecnológico.

**Tabla 22: Parámetros para seleccionar directamente las consignas fijas.**

Parámetro	Descripción
P1016 = 1	Selección directa de consignas fijas (ajuste de fábrica)
P1001	Consigna fija 1 (ajuste de fábrica: 0 1/min)
P1002	Consigna fija 2 (ajuste de fábrica: 0 1/min)
P1003	Consigna fija 3 (ajuste de fábrica: 0 1/min)
P1004	Consigna fija 4 (ajuste de fábrica: 0 1/min)
P1020	Fuente de señal para seleccionar la consigna fija 1 (ajuste de fábrica: 722.3, es decir, selección a través de la entrada digital 3)
P1021	Fuente de señal para seleccionar la consigna fija 2 (ajuste de fábrica: 722.4, es decir, selección a través de la entrada digital 4)
P1022	Fuente de señal para seleccionar la consigna fija 3 (ajuste de fábrica: 722.5, es decir, selección a través de la entrada digital 5)
P1023	Fuente de señal para seleccionar la consigna fija 4 (ajuste de fábrica: 0, es decir, la selección está bloqueada)

Fuente: Siemens

Selección de dos consignas fijas de velocidad a través de la entrada digital 3 y la entrada digital 4.

El ejemplo del motor debe funcionar a dos velocidades distintas:

- Con la entrada digital 0, se conecta el motor.
- Al seleccionar la entrada digital 3, el motor debe girar a una velocidad de 300 1/min.
- Al seleccionar la entrada digital 4, el motor debe acelerar hasta una velocidad de 2000 1/min.
- Al seleccionar la entrada digital 1, el motor debe invertir el sentido.

**Tabla 23: Ajustes de parámetros del ejemplo**

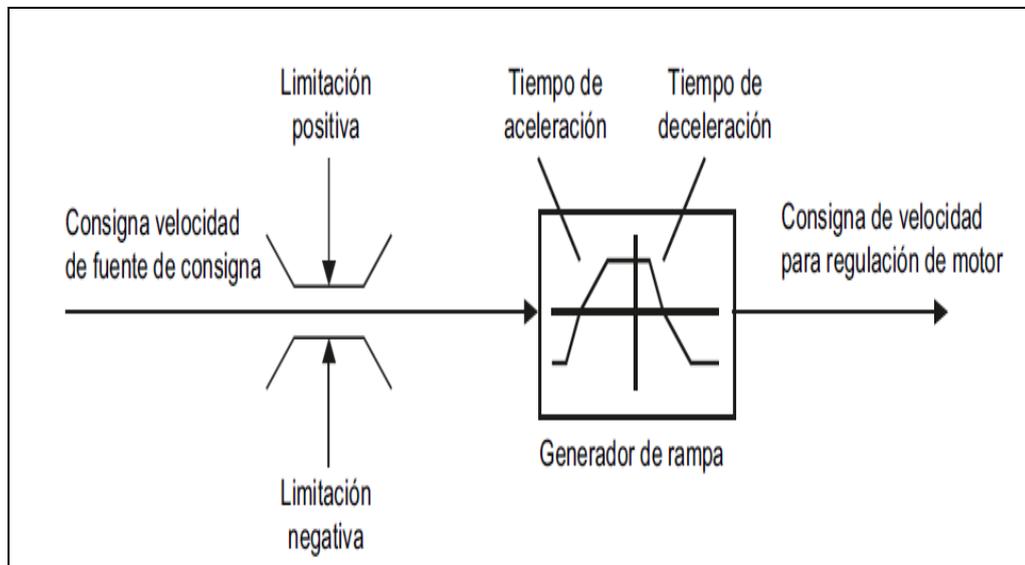
Parámetro	Descripción
P0700 = 2	Selección de la fuente de mando: Entradas digitales
P0701 = 1	Conexión del motor a través de DI 0, ajuste de fábrica
P0702 = 12	Inversión del sentido de giro a través de DI 1, ajuste de fábrica
P1001 = 300.000	Define la consigna fija 1 en [1/min]
P1002 = 2000.000	Define la consigna fija 2 en [1/min]
P1020 = 722.2	r0722.2 = parámetro que indica el estado de la entrada digital 2.
P1021 = 722.3	r0722.3 = parámetro que indica el estado de la entrada digital 3.

Fuente: Siemens

#### 4.10.9.2 Acondicionamiento de consigna

El acondicionamiento de consigna modifica la consigna de velocidad, por ejemplo, limita la consigna a un valor máximo y mínimo e impide escalones de velocidad del motor a través del generador de rampa.

**Gráfico 28: Acondicionamiento de consigna en el variador de frecuencia**



Fuente: Siemens

#### 4.10.10 Regulación del motor

Para el motor asignado existen dos tipos de procedimientos de regulación o control:

- Control con característica  $U/f$  (control por  $U/f$ ).
- Regulación orientada al campo (regulación vectorial).

##### 4.10.10.1 Control por $U/f$ o regulación vectorial

El control por  $U/f$  es completamente suficiente para la mayoría de aplicaciones en las que debe modificarse la velocidad de los motores

asíncronos. Ejemplos de aplicaciones en las que habitualmente se emplea el control por U/f:

- Bombas
- Ventiladores
- Compresores

#### **4.10.10.2 Control por U/f**

Característica del control U/f para la aplicación en sistemas de riego, en el que es preciso mantener constante la velocidad del motor, este ajuste del control U/f tiene el efecto de alcanzar el límite de intensidad máximo, reduce la tensión del estator pero no la velocidad o torque del motor.

El control por U/f ajusta la tensión en los bornes del motor en función de la consigna de velocidad predefinida, el variador de velocidad pone a disposición las dos características importantes (lineal y parabólica), el control por U/f constituye una regulación exacta de la velocidad del motor.

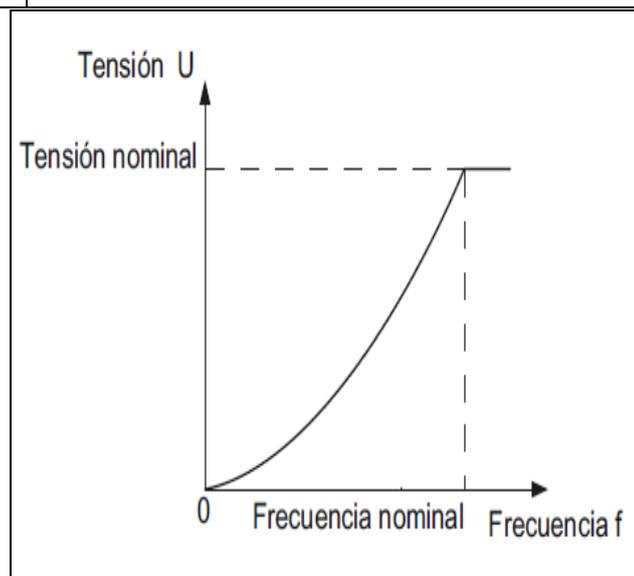
#### **4.10.10.3 Control por U/f con característica lineal y parabólica**

El control por U/f con característica parabólica se utiliza en aplicaciones en las que el motor aumenta y disminuye su velocidad. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son accionamientos de bombas o ventiladores.

El control por U/f con característica parabólica reduce las pérdidas del motor y del convertidor, puesto que fluyen intensidades menores que con característica lineal, donde el gráfico 29 muestra el parámetro de programación y la descripción.

**Gráfico 29: Control U/F características parabólicas**

Parámetro	Descripción
P1300	Modo de operación Lazo abierto/cerrado 0: control por U/f con característica lineal 2: Control por U/f con característica parabólica



Fuente: Siemens

#### 4.10.11 Funciones de protección

El variador de frecuencia dispone de funciones de protección contra el exceso de temperatura y de corriente tanto en el variador de velocidad como en el motor, además el variador de velocidad convertidor se protege frente a sobretensiones.

#### 4.10.11.1 Vigilancia de temperatura del convertidor

La temperatura del variador de frecuencia se obtiene fundamentalmente a partir de las pérdidas óhmicas provocadas por la intensidad de salida y de las pérdidas por conmutación del módulo de fuerza.

**Tabla 24: Parámetros de reacción del convertidor.**

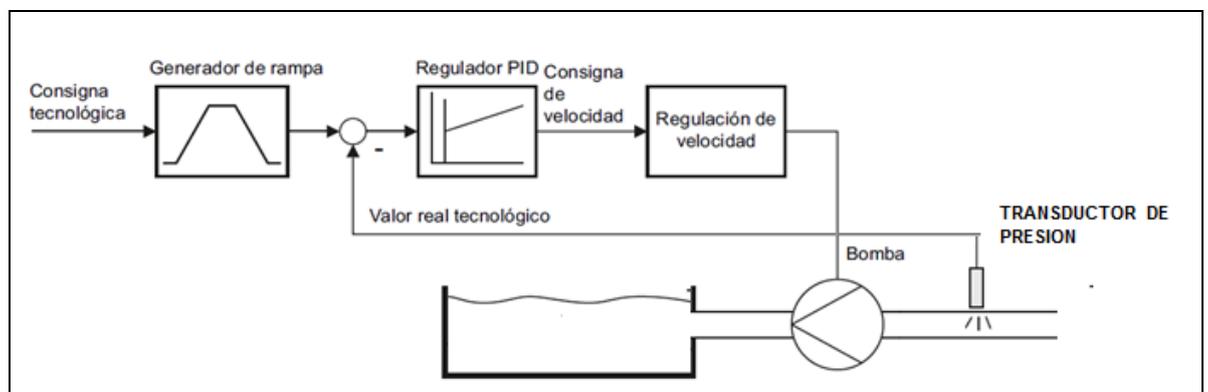
Parámetro	Descripción
P0290	Etapa de potencia Reacción en sobrecarga (ajuste de fábrica para todos los Power Module excepto PM260: 2. Ajuste de fábrica para PM260: 0)

Fuente: Siemens

#### 4.10.12 Regulador tecnológico (PID)

El regulador tecnológico permite todo tipo de lazos de regulación de proceso simples. Se puede utilizar, por ejemplo, para regulaciones de presión, de nivel o de caudal.

**Gráfico 30: Esquema de control de consignas para transductores de presión.**



Fuente 1: Siemens

El variador de frecuencia (VFD) tiene un regulador tecnológico PID, es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso; para el correcto funcionamiento del regulador tecnológico PID para regular un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor o transductor, que determine el estado del sistema (transductor de presión).
2. Un controlador (unidad de control CU240E-2), que genere la señal que gobierna al actuador (variador de frecuencia).
3. Un actuador (unidad de fuerza CU240E-2), que modifique al sistema de manera controlada (motor o bomba).

#### **4.10.12.1 Modo de funcionamiento del regulador tecnológico PID**

El regulador tecnológico predetermina la consigna de velocidad de forma que la magnitud de proceso que se va a regular se corresponda con su consigna. El regulador tecnológico es de tipo PID y por ello se adapta de modo muy flexible. La consigna del regulador tecnológico se predetermina a través de una entrada analógica.

**Tabla 25: Parámetros del regulador tecnológico.**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
P2200 = ...	Habilitar regulador tecnológico
P2201 ... r2225	Velocidades fijas para el regulador tecnológico
P2231 ... P2248	Potenciómetro motorizado para el regulador tecnológico
P2251 ... r2294	Parámetros generales de ajuste del regulador tecnológico
P2345 = ...	Modificar la reacción a fallo para el regulador tecnológico

**Fuente: Siemens**

Para constancia de la elaboración del proyecto en la empresa Gardaexport se anexa el certificado

## **Conclusiones:**

1. El sistema de riego automático implementado en este proyecto permite un ahorro del 38% de energía eléctrica de que lo cual permite un tener un ahorro de energía y dinero, con el ahorro obtenido de logra recuperar la inversión en 8 meses.
2. El uso de tecnología actual permitió la optimización de las cantidades de agua necesarias mejorando el modo de transportar el fluido desde el reservorio hasta los bloques de flores evitando pérdidas de agua y retorno del líquido por las válvulas de alivio en la red distribución de riego, problema que anteriormente daba muchas molestias.
3. Las técnicas de control avanzado permiten suministrar agua de manera proporcional y exacta a la complejidad de estos procesos, sin el uso de estos modelos de control no hubiésemos logrado el ahorro que tenemos en agua y energía porque distribuimos la misma cantidad con menos recursos.
4. El sistema de riego por duchas para la producción de flores, por el ahorro que tenemos demuestra que este es el más apropiado para este tipo de sistema, el uso de otro sistema no nos hubiese permitido el ahorro que ahora que actualmente se ha logrado.
5. El sistema de riego automático permite liberar física y mentalmente al hombre de la ejecución del proceso. Permite ahorrar el uso de talento humano con lo que se evita el pago de salarios y se incrementa el ahorro.
6. Se logró un ahorro de 2119.9, dólares del pago de las planillas, 15000 dólares del sistema de control esta inversión se recuperara en 8 meses,

demostrando así que se cumple el objetivo de optimización de agua y ahorro de energía consumiendo menos y produciendo más.

### **Recomendaciones:**

La experiencia adquirida durante el desarrollo de este proyecto permite a los autores recomendar:

- Por la complejidad del diseño y el tipo de tecnología utilizado para el nuevo sistema de riego automático requiere de personal calificado para la operación y mantenimiento del sistema, en las áreas de electricidad, automatización, mecánica e hidráulica para asegurar un funcionamiento continuo y eficiente.
- Realizar mantenimientos a los filtros de agua cada dos meses y supervisar continuamente el funcionamiento del automatismo mediante los históricos archivados, con el objetivo de evitar contaminación de agua y lograr un producto de calidad.
- El sistema de control permite la operación del variador de frecuencia y controlador “Logo” desde un computador, motivo por el cual se recomienda que el proyecto se lo amplíe al manejo y supervisión desde el computador para facilitar su operación.
- El ahorro obtenido con el sistema de riego automático es alto por lo cual se recomienda que otras empresas migren a sistemas similares más productivos y competentes que les permita bajar sus costos de producción para así volverse más competitivos en el mercado. Con esto se demuestra que se tiene el ahorro y por ello se recomienda que

la empresa cambie el sistema antiguo y se aplique el nuevo sistema para tener un mayor ahorro.

- De la experiencia adquirida durante el desarrollo de pruebas para puesta en marcha del proyecto se evidenció que el variador de frecuencia no debe trabajar en vacío. En caso de hacerlo genera una alarma de falla( F30015) pérdida de alimentación del motor, para corregir compruebe los cables de alimentación del motor.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR, UNE Normas español; ESQUEMAS DE AUTOMATISMOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS 2013.
- ✓ BLAIR,E, Manual de riego y avenamiento, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Costa Rica, 2004
- ✓ CHAPMAN, S; MÁQUINAS ELÉCTRICAS, Editorial MCGRAW-HILL, Cuarta Edición, México, 2006
- ✓ DURAN José Luis Moncayo, Herminio Martínez García, Juan Gámiz Caro, Joan Domingo Peña, Antoni Grau Saldes.; AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS E INDUSTRIALES., España; 2012.
- ✓ EMELNORTE S.A., “Normas de construcción de redes de distribución, guía de Diseño parte A”; Departamento de Ingeniería y Construcciones; 2012.
- ✓ EMELNORTE S.A., “Normas de construcción de redes de distribución, guía de Diseño parte B”; Departamento de Ingeniería y Construcciones; 2012.
- ✓ EMELNORTE S.A., “Normas de construcción de redes de distribución, guía de Diseño parte C”; Departamento de Ingeniería y Construcciones; 2012.
- ✓ ENRÍQUEZ, Gilberto., LIBRO PRÁCTICO DE GENERADORES, TRANSFORMADORES., Editorial Limusa, Segunda Edición, México, 2003.

- ✓ ENRÍQUEZ Harper, Gilberto, MANUAL DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, Editorial Limusa Noriega, Tercera edición, 2003.
- ✓ FRANKLIN Electric Europa GmbH, MANUAL DE MOTORES SUMERGIBLES; 2013.
- ✓ GÓMEZ Luis B. Flores – Ingeniero Industrial- Electromecánico; AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL; 2010.
- ✓ GÓMEZ Luis B. Flores – Ingeniero Industrial- Electromecánico; AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES; 2010.
- ✓ GONZALES Martin Santiago universidad de Oviedo área de expresión gráfica en la ingeniería. ESQUEMAS ELÉCTRICOS; 2011.
- ✓ GUINOVART Bernar; SIMBOLOGÍA Y APARATOS PARA AUTOMATISMOS; 2009.
- ✓ Irving Kososw; MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES, Editorial Prentice-Hall, México; 1991.
- ✓ ITT Goulds Pumps, SISTEMAS DE BOMBEO; 2012.
- ✓ MEER., “Las Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica”; Comisión de homologación; 2011.
- ✓ Maquinarias Henríquez, PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DE BOMBEO; 2011.

- ✓ Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER; HOMOLOGACIONES DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD; 2012.
- ✓ MOSCONÍ Osvaldo. FUNDAMENTOS DE LA ELECTRÓNICA; 2010.
- ✓ PORTER, M, MECÁNICA DE FLUIDOS, Thompson, México, 2005.
- ✓ REVENGA, A, FLUJO EN REDES Y GESTIÓN DE PROYECTOS, Netbiblo, España, 2008
- ✓ PONSA Pere, Antoni Granollers; DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL; 2012.
- ✓ RODRÍGUEZ José A. Mondéjar UPCO-ICAI. Departamento de electrónica y automática; AUTOMATISMOS INDUSTRIALES; 2011.
- ✓ ROLDÁN Viloría, José, SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS, Editorial Thomson-Paraninfo, Segunda edición, 2003.
- ✓ SCHNEIDER, Low voltage switchgear Compact Merlin Gerin, GUÍA DE EXPLORACIÓN; 2010.
- ✓ SINAMICS, Convertidor de frecuencia con la unidad de control CU240E-2, MANUAL DE INSTRUCCIONES; 2010.
- ✓ VIEJO, M, Bombas, teoría, diseño y aplicaciones, Noriega Ediciones, México, 2004

## LINCOGRAFÍA

- ✓ CIEEPI., (2012). EFICIENCIA ENERGÉTICA. Revista de Eficiencia Energética. [www.cieepi.ec](http://www.cieepi.ec).
- ✓ INATRA., (2012). TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN. Revista de Características, Técnicas y Especiales de Transformadores. [www.inatra.com](http://www.inatra.com).
- ✓ NAPOLEÓN BURBANO, COAUTOR, (2011) INTRODUCCIÓN A LA HIDROGEOLOGÍA DEL ECUADOR. Entrevista del lanzamiento del libro sobre reservas de agua en el Ecuador. [www.elciudadano.gov.ec](http://www.elciudadano.gov.ec).
- ✓ PHELEPS DODGE INTERNATIONAL CORP., (2012). CONDUCTORES ELÉCTRICOS. Revista de Características Técnicas y Especiales de Cables. [www.pdic.com](http://www.pdic.com).
- ✓ WEG INDUSTRIAS S.A., (2012). AUTOMATION LOW VOLTAGE SWITCH & CONTROL GEAR. Revista de automatización Control de Baja Tensión y Control de Fuerza [www.weg.net.ec](http://www.weg.net.ec).

# ANEXOS

## ANEXO Nº 1

Normas de diseño para la construcción de redes de distribución

EMELNORTE S.A.

Tabla de cálculo para la determinación del transformador

<b>Nombre del Proyecto:</b>		-----						
<b>Localización:</b> .....								
<b>Usuario Tipo:</b> .....								
<b>Ítem</b>	<b>Aparatos Eléctricos y de Alumbrado</b>				<b>FFUn</b>	<b>CIR</b>	<b>FSn</b>	<b>DMU</b>
	<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>P (W)</b>	<b>Pn(W)</b>	<b>(%)</b>	<b>(W)</b>	<b>(%)</b>	<b>(W)</b>
1	POTENCIA 1	1	X	X		X		X
2	POTENCIA 2	1	X	X		X		X
3	POTENCIA 3	2	X	X		X		X
4	POTENCIA N	1	X	X		X		X
<b>TOTAL:</b>						<b>X</b>		<b>X</b>
<b>Factor de potencia FP =</b>		X						
<b>Factor de Demanda FDM =</b>		X						
<b>DMU/CIR =</b>								
<b>DMU (KVA) =</b>		X						
<b>ENTONCES SE RECOMIENDA INSTALAR UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO DE: X [KVA]</b>								

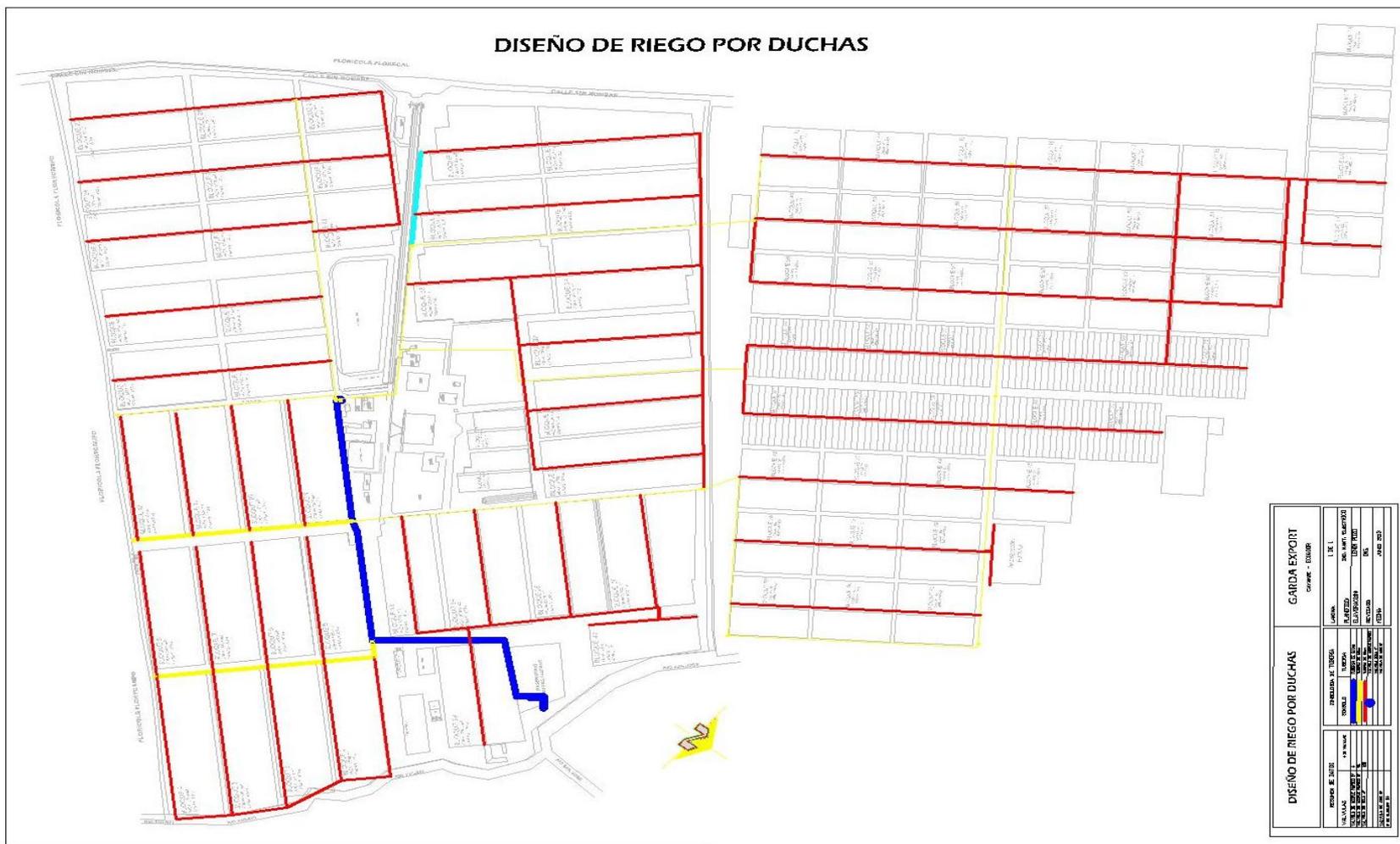
## ANEXO Nº 2

Normas de diseño para la construcción de redes de distribución  
EMELNORTE S.A.

Tabla de cálculo para la determinación decaída de voltaje

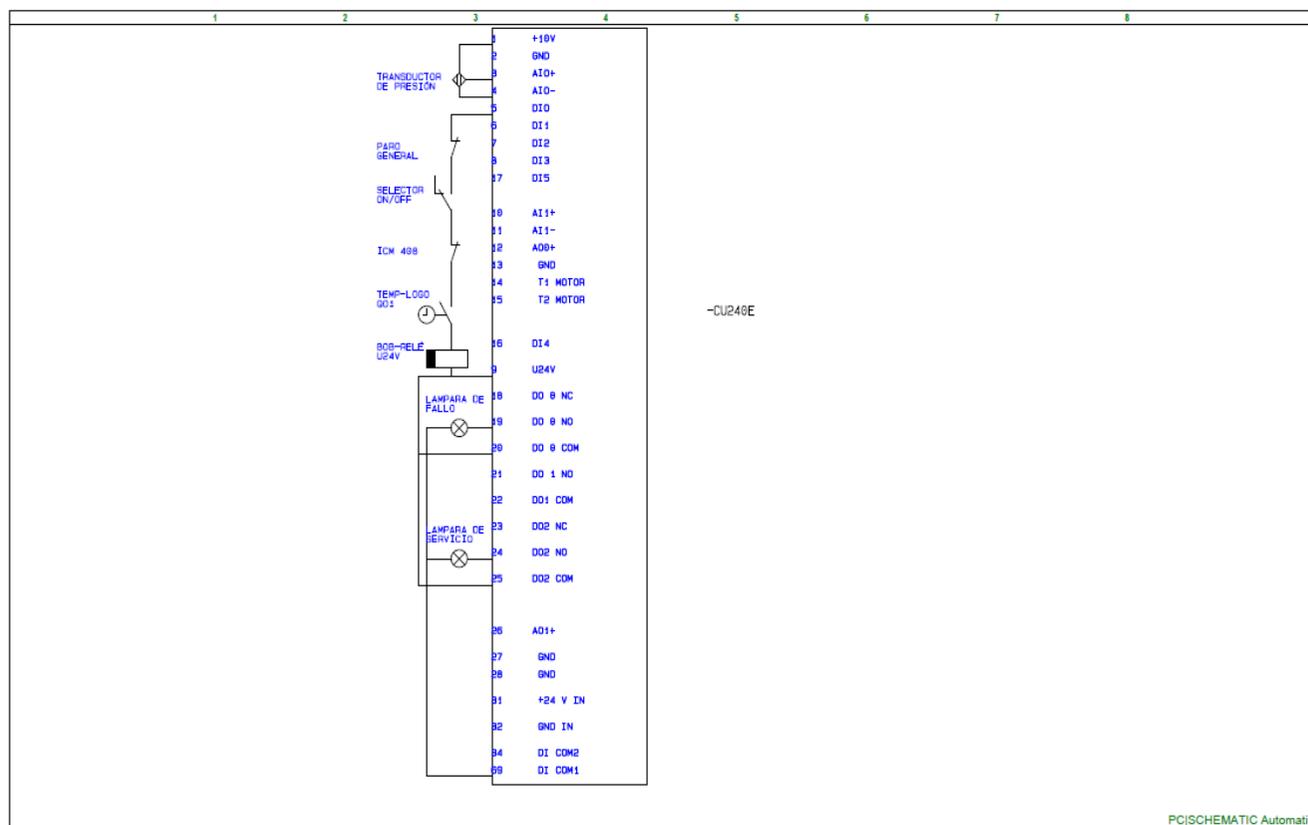
<b>EMPRESA ELECTRICA REGIONAL NORTE S.A. EMELNORTE</b>				<b>COMPUTO DE CAIDAS DE VOLTAJE CIRCUITO SECUNDARIOS</b>				HOJA 1 DE 1.		FECHA: -----	
NOMBRE DEL PROYECTO: -----				-----				NIVEL DEL VOLTAJE PRIMARIO:		-----	
								LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE		-----	
TIPO DE INSTALACION: Aérea								N° DE FASES:		X	
TIPO DE CONDUCTOR: ACSR								CALIBRE DEL CONDUCTOR:		X	
ESQUEMA:											
DATOS				CARGA	CONDUCTOR				COMPUTO		
TRAMO		CENTRO TRANSF.		TOTAL	N° CALIBRE		FDV		CAIDA VOLTAJE (%)		
DESIG.	L(Km)	N°	KVA	KVA	FASES	AWG	KVA-Km	KVA-Km	PARCIAL	ACUMULADO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

### ANEXO Nº 3



## Anexo 4

Pre asignación de la regleta de bornes utilizada en la unidad de control del variador de frecuencia.



## **ANEXO Nº 5**

### **Fotografías de la instalación**



**Foto: Nº 1 Instalación de la bomba sumergible**



**Foto: Nº 2 Pruebas de funcionamiento de la bomba sumergible**



**Foto: N° 3 Instalación del transductor de presión**



**Foto: N° 4 Pruebas de funcionamiento del variador (modulación del transductor)**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	<b>DE</b>	040167795-0	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Y</b>	Fuentes Calderón Edgar Patricio	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Ciudadela Los Alisos El Olivo		
<b>EMAIL:</b>	fuentescalderonedgarpatricio@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2604296	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0985911717

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A."
<b>AUTOR (ES):</b>	Fuentes Calderón Edgar Patricio
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2013/10/31
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Mauricio Vásquez

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Fuentes Calderón Edgar Patricio, con cédula de identidad Nro.040167795-0, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al 21 días del mes de Noviembre del 2013

**EL AUTOR:**



Edgar Patricio Fuentes Calderón  
040167795-0

(Firma).....

Nombre: Fuentes Calderón Edgar Patricio

C.C.: 040167795-0

**ACEPTACIÓN:**

(Firma) .....

Nombre: **Ing. Betty Chávez**

Cargo: **JEFE DE BIBLIOTECA**

Facultado por resolución de Consejo Universitario \_\_\_\_\_



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Fuentes Calderón Edgar Patricio, con cédula de identidad Nro.040167795-0 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A." Ha sido desarrollado para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) .....

Nombre: Fuentes Calderón Edgar Patricio

Cédula:040167795-0

Ibarra, 21 días del mes de Noviembre del 2013



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	<b>DE</b>	100351372-6	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Y</b>	Pozo Benavides Lenin Marcelo	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Bartolome Garcia 8 96 y Ricardo Sánchez		
<b>EMAIL:</b>	Lenin10marce@hotmail.es		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062641231	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0989882698
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A."		
<b>AUTOR (ES):</b>	Pozo Benavides Lenin Marcelo		
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2013/10/31		
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico		
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Mauricio Vásquez		

## 5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

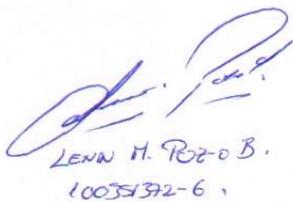
Yo, Pozo Benavides Lenin Marcelo ,con cédula de identidad Nro.100351372-6, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 6. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al 21 días del mes de **Noviembre** del 2013

**EL AUTOR:**



LENIN H. POZO B.  
100351372-6

(Firma).....

Nombre: Pozo Benavides Lenin Marcelo

C.C.: 100351372-6

**ACEPTACIÓN:**

(Firma) .....

Nombre: **Ing. Betty Chávez**

Cargo: **JEFE DE BIBLIOTECA**

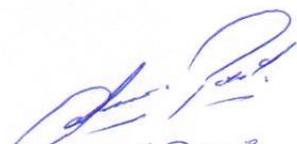
Facultado por resolución de Consejo Universitario \_\_\_\_\_



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Pozo Benavides Lenin Marcelo, con cédula de identidad Nro.100351372-6 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA TECNOLÓGICA QUE PERMITA DISEÑAR Y AUTOMATIZAR EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DE AGUA Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA GARDAEXPORT S.A.". Ha sido desarrollado para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



LENN H. POZO B.  
100351372-6

(Firma) .....

Nombre: Pozo Benavides Lenin Marcelo

Cédula:100351372-6

Ibarra, 21 días del mes de Noviembre del 2013