



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA**

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título

**“Diseño de control para el tratamiento de agua residuales mediante
fuente de alimentación de CC”.**

Autores:

- Br. Marlen Haryery Ruiz González 2004-20371
- Br. Silvio Fernando Mejía Ruiz 2005-20468

Tutor:

Ing. Sandro Chavarría

Managua, septiembre 2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | | |
|-------|--|----|
| I. | Introducción | 1 |
| II. | Objetivos | 2 |
| 2.1 | Objetivo General..... | 2 |
| 2.2 | Objetivo Específico..... | 2 |
| III. | Justificación | 3 |
| IV. | Marco Teórico | 4 |
| 4.1 | Aplicaciones de rectificadores con fuentes de alimentación de CC | 4 |
| 4.2 | Las áreas de aplicación de los rectificadores de alta potencia | 5 |
| 4.3 | Electrólisis del tratamiento de Agua | 7 |
| 4.4 | Cloración del agua de Mar | 9 |
| 4.5 | Método de electrocoagulación | 10 |
| 4.6 | Aguas residuales..... | 12 |
| 4.7 | Características de las aguas residuales | 12 |
| 4.8 | Composición de las aguas residuales | 14 |
| 4.9 | Sistema de bombeo | 16 |
| 4.9.1 | Bombas eléctricas | 17 |
| 4.10 | Normatividad eléctrica y dinámica en los equipos de bombeo..... | 18 |
| 4.11 | Sistema de control | 21 |
| 4.12 | Accionamientos eléctricos | 23 |
| 4.13 | Arranque para motores..... | 25 |
| 4.14 | Tipos de Planos Eléctricos | 26 |
| 4.15 | Simulación de esquemas de automatismos eléctricos | 28 |
| V. | Análisis y resultados de estudio | 34 |
| VI. | Conclusiones y recomendaciones | 43 |
| VII. | Bibliografía | 45 |

I. Introducción

En este trabajo de tesis se realiza el diseño eléctrico del sistema de control para planta de tratamiento de agua dirigida hacia aplicaciones residenciales el cual consiste en automatizar un nuevo sistema para la potabilización de agua, dicho sistema propuesto es relativamente nuevo y se están realizando investigaciones relacionadas a su funcionalidad y eficacia, por esta razón no se pueden dar muchos detalles con respecto a su funcionalidad.

Sin embargo, de manera general podemos mencionar que es un sistema escalable, es decir se puede emplear como un sistema individual, funcionar para un complejo de apartamentos o bien como una planta de tratamiento de agua empleando sistemas complementarios.

El agua es un recurso esencial para garantizar condiciones vitales. En un ámbito institucional garantiza las condiciones de salubridad e higiene de las instalaciones. Sin embargo, la naturaleza de los servicios hídricos y sanitarios no garantiza el uso racional de la misma. Esto conlleva una serie de riesgos ambientales y motiva la exploración de alternativas para lograr la eficiencia en el manejo y uso de este recurso.

Se expone el análisis de diferentes alternativas de automatizar para lograr el mejor diseño del sistema eléctrico de la pequeña planta residencial, caracterizando componentes eléctricos y electrónicos de alta calidad teniendo en cuenta información importante acerca de los parámetros de los equipos de bombeo resaltando la importancia de sus curvas características, atendiendo las necesidades de ahorro energético.

Se busca obtener como resultado un sistema de bombeo automatizado, funcionando de manera eficiente, acorde a las necesidades del uso de aguas no potables, logrando optimizar el uso de las mismas.

II. Objetivos

2.1 Objetivo General

- Diseñar el control de un sistema para el tratamiento de agua residuales mediante fuente de alimentación de CC.

2.2 Objetivo Específico

- Utilizar el software CADE_Simu para el diseño eléctrico de control de la planta de tratamiento de agua.
- Estudiar la teoría sobre accionamiento eléctrico, bombas eléctricas, aguas residuales y fuentes de alimentación CC para tratamiento de agua para garantizar un eficiente diseño de planos de control.
- Realizar el esquema del funcionamiento de la pequeña planta necesario para el sistema de alimentadores, bombas del sistema de recirculación y manejo de aguas para su debido proceso.
- Diseñar los planos eléctricos en sus esquemas de fuerza y mando del sistema funcional mediante simulación.

III. Justificación

Primeramente, nuestra investigación aporta información consistente sobre problemática de abastecimiento de agua residencial y comprometer esfuerzos hacia la preservación de este recurso.

Con el nuevo diseño propuesto para el control del sistema de abastecimiento de agua busca que el sistema cumpla con las necesidades de suministro constante del servicio de agua en una residencia, ante la falla del servicio de la misma.

Los recursos económicos invertidos en el proyecto son mayores que un proyecto concebido bajo un esquema tradicional de las aguas, pero se resalta la importancia de propiciar nuevas tendencias para el manejo de este recurso indispensable para el desarrollo de una sociedad más responsable y comprometida con el medio ambiente. Adicionalmente se pretende generar una conciencia social colectiva para garantizar la dinámica hacia futuras implementaciones de proyectos con objetivos afines.

Además, es aprovechar varios tipos de aguas y disminuir el uso del agua potable, además de plantear la posibilidad de utilizar energías alternativas como parte del abastecimiento energético.

Se benefician los estudiantes y profesores ya que el resultado del estudio una vez desarrollado, puede ser el punto de partida para un próximo trabajo de tesis.

IV. Marco Teórico

Los rectificadores (fuentes de alimentación de CC) son ampliamente utilizados para el tratamiento de aguas residuales por proceso de electrólisis, desalación de agua de mar, tratamientos de agua de lastre, generación de hipoclorito de sodio a partir de agua de mar o salmuera (electrocloración), aplicado en la desinfección de agua en industrias , colonias residenciales, escuelas y otros cuerpos de agua, tratamiento de agua de lastre, tratamiento de agua de mar para industrias que utilizan agua de mar para sistemas de refrigeración, como en plantas de energía refrigerada, industrias petroquímicas, terminales de GNL, instalaciones de desalinización& otras industrias costeras.

4.1 Aplicaciones de rectificadores con fuentes de alimentación de CC

Las fuentes de alimentación de conmutación de alta frecuencia y los rectificadores controlados por silicio del tiristiendo son ampliamente utilizados. Dondequiera que se necesiten fuentes de alimentación de CC de alta potencia, pueden mostrar su talento en electroplacado, electrólisis, oxidación, electroforesis, experimento, fotoelectricidad, fundición, calentamiento, formación y corrosión, tratamiento de aguas residuales y otros campos.

4.2 Las áreas de aplicación de los rectificadores de alta potencia

- Industria de la galvanoplastia: chapado de zinc, chapado de estaño, niquelado, cromado, cromado, chapado de cobre, chapado de plomo, chapado en plata, chapado en oro, chapado de aleación, chapado en oro de imitación, etc.;
- Industria de oxidación: oxidación de aluminio, oxidación de aleación de aluminio, anodizado, oxidación dura, etc.;
- Industria de electrolisis: cobre electrolítico, zinc electrolítico, plomo electrolítico, manganeso electrolítico, antimonio electrolítico, plata electrolítica y otros metales no ferrosos, lámina de cobre electrolítica, pulido electrolítico, purificación electrolítica, agua electrolítica para la producción de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno electrolítico, agua de mar electrolítica para cloro, producción de cloro de agua salada electrolítica, electrólisis de gas, fuente de alimentación de electrólisis de agua de lastre, aguas residuales electrolíticas, desengrasante electrolítico, encurtimiento electrolítico, boro de neodimio y otras raras , fuente de alimentación de formación de papel de aluminio, etc.
- Industria de electroforesis: fuente de alimentación de pintura de electroforesis;
- Calentamiento de preparación de cristal: calefacción de silicio de cristal único, calentamiento de zafiro, arseniuro de galio, fosfuro de indio, carburo de silicio, nitruro de aluminio, fuente de alimentación de calefacción de polisilicio, etc.;
- Calefacción del horno de arco eléctrico: Fuente de alimentación del horno de arco eléctrico de CC, horno de consumibles de vacío, calefacción del horno de grafito de gratación, etc.

- Energía nuclear, industria militar, industria aeroespacial: fuente de alimentación experimental de energía nuclear, fuente de alimentación industrial militar, fuente de alimentación experimental aeroespacial, etc.
- Carga: carga del robot móvil AGV, carga de la batería.
- Industria de protección ambiental: suministro de energía de antorcha de plasma, tratamiento de aguas residuales, floculación eléctrica.
- Otros: fuente de alimentación para colorear, fuente de alimentación de recubrimiento de vacío, fuente de alimentación de purificación de pulsos, etc.

Las principales imágenes de la industria de aplicaciones se muestran en la figura siguiente:

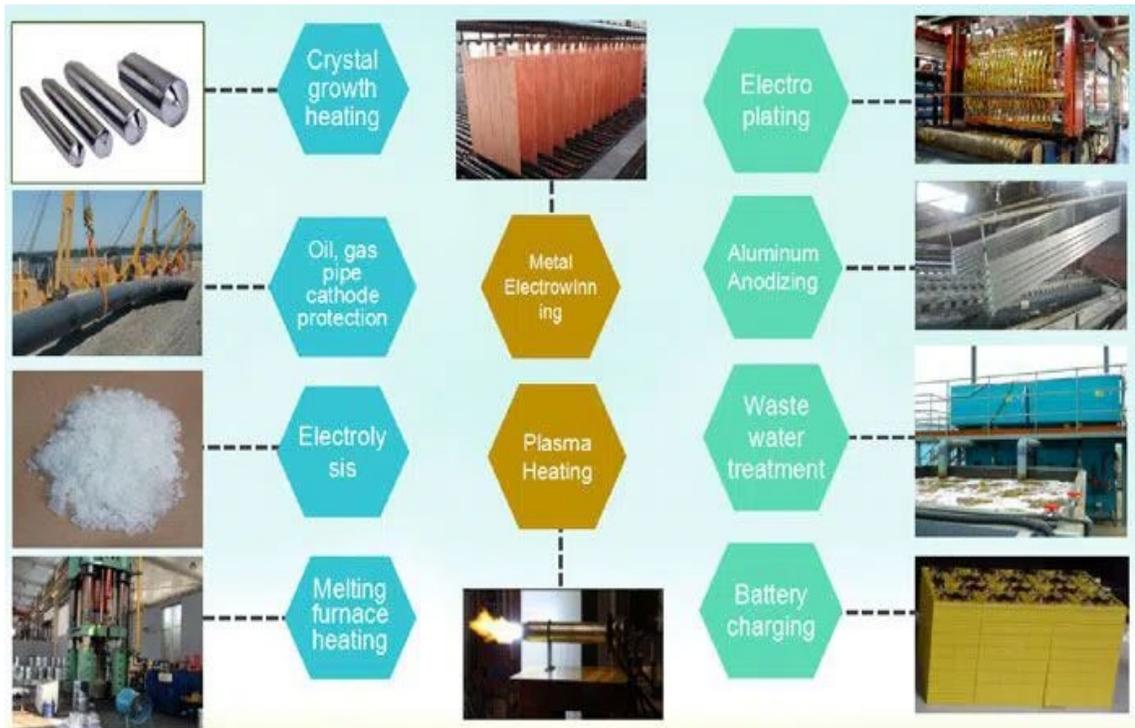


Figura: Aplicaciones de los rectificadores en la industria

Los rectificadores (fuentes de alimentación de CC) son ampliamente utilizados para el tratamiento de aguas residuales por proceso de electrólisis, desalación de agua de mar, tratamientos de agua de lastre, generación de hipoclorito de sodio a partir de agua de mar o salmuera (electrocloración), aplicado en la desinfección de agua en industrias, miniplalidades, colonias residenciales, escuelas y otros cuerpos de agua, tratamiento de agua de lastre, tratamiento de agua de mar para industrias que utilizan agua de mar para sistemas de refrigeración, como en plantas de energía refrigerada, industrias petroquímicas, terminales de GNL, instalaciones de desalinización& otras industrias costeras.

La reacción de generación de hipoclorito de sodio: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaClO} + \text{H}_2$



4.3 Electrólisis del tratamiento de Agua

Rectificador de tratamiento de aguas residuales

- Electrólisis de aguas residuales
- Electrocoagulación

-
- Electrodialisis de agua marina, ED
 - Electrólisis de agua salada



¿Por qué usar el rectificador IGBT en lugar del rectificador SCR?

-Seguridad como rectificador SCR, mucho tiempo 24 horas de funcionamiento continuo

-Power ahorro al menos 15% que el rectificador SCR

-Menos afectados por la fluctuación de potencia, 100% de salida, no necesitan capacidad adicional:

El rectificador IGBT adopta la topología AC-DC-AC-DC, la CA de 3 fases se convierte primero a CC, que tiene condensadores para la carga y descarga de energía, suprimirá la fluctuación de la energía. Entonces los rectificadores no necesitan una capacidad mayor que el uso real.

El rectificador SCR no tiene la función de búfer de energía, se ve afectada directamente por la fluctuación de potencia de la red, por lo que siempre conserva mucha capacidad adicional.

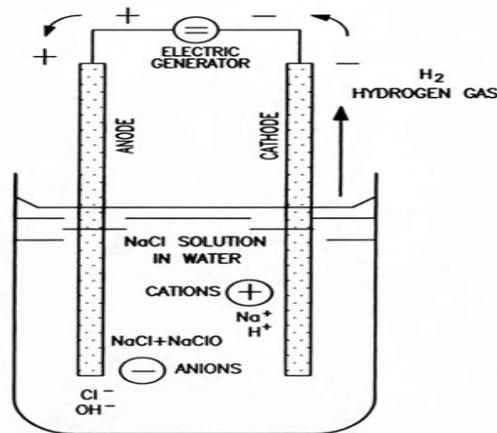
-Menos tiempo de galvanizado, retroalimentación del cliente 40% menos tiempo necesario para el enchapado

-
- Tamaño compacto, mucho menos tamaño y peso del rectificador SCR, no necesita una carretilla elevadora
 - Baja contaminación a la red, factor de potencia > 0.93
 - Costo más bajo

4.4 Cloración del agua de Mar

Es la tecnología de electrocloración para el sitio en producción de hipoclorito de sodio por electrólisis de agua de mar o salmuera. Esta tecnología se utiliza para el control del biofouling en centrales eléctricas, plantas de gas natural licuado terminales (GNL), tratamientos de aguas de lastre Marina Torres, instalaciones de desalación e instalaciones todas costeras utilizando agua de mar para refrigeración u otros procesos de enfriamiento necesidades. El proceso de electrólisis lleva a cabo cuando, aplicando una diferencia de potencial eléctrico a una solución de acuosos de ácidos, bases, sales, se crea una circulación de corriente D.C. estrictamente relacionados con fenómenos de transferencia de masa en la solución en sí. Los medios de conducción de las cargas eléctricas no son las moléculas del disolvente ni de las partes disueltas compuestas, pero sólo de sí mismos. Ácidos, bases y sales, cuando se disuelve en solventes definidos, tienen sus moléculas divididas en dos partes y, después de applying de corriente, continua una parte (anión) migra y se deposita en la polaridad eléctrica positiva o ánodo, mientras que los otros (cationes) en el polaridad eléctrica negativa o cátodo. Estas partes de la molécula pueden ser átomos o grupos de átomos. Esto es la separación que se produce, por ejemplo, a los átomos de cloro y sodio o cloro y potasio cuando se disuelve en su conductor solución electrolítica en la que están contenidas en forma

iónica: una consecuencia de lo descrito antes es, para ejemplo, la producción de hipoclorito de sodio en la industria electroquímica.



4.5 Método de

electrocoagulación

La electrocoagulación, una alternativa rápida, económica y eficaz para el tratamiento del agua mediante metodologías no convencionales.

¿En qué consiste la electrocoagulación?

Es un proceso electroquímico que consiste en suministrar corriente eléctrica a electrodos de diversos materiales.

En estos electrodos se generan coagulantes por la disolución de iones, lo que permite aglomerar las partículas coloidales y, por flotación, estas se depositan en la superficie. De esta manera, el agua se clarifica y puede ser recogida, mientras que el lodo que queda en la superficie se retira.

¿Qué contaminantes se pueden eliminar con este proceso?

Una gran variedad. Con este proceso se reducen altos valores de demanda química de oxígeno (DQO), de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales, turbiedad, metales pesados, etcétera.

Además, nos permite, simultáneamente a la remoción de contaminantes, desinfectar el agua, eliminando microorganismos patógenos, lo cual permitirá reducir el uso de altas concentraciones de cloro en la etapa final del tratamiento.

¿Con qué tipo de aguas residuales trabajan ustedes?

Utilizamos este proceso para descontaminar el agua residual de tipo industrial y doméstico, así como el agua de río para consumo humano. En este último caso, el principal parámetro a remover es la turbiedad.

Para eliminar este parámetro, las plantas de tratamiento de agua potable en el Perú utilizan coagulantes químicos, con la finalidad de precipitar el lodo y luego pasar a la filtración y desinfección.

Con la electrocoagulación, en cambio, los coagulantes se generan en la celda y el lodo se acumula en la parte superior. A diferencia del lodo, proveniente del proceso físico-químico y biológico, el que se obtiene en la electrocoagulación es más seco y más estable, lo que permite una mejor disposición y reutilización.

Uno de los problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales es la cantidad de lodo que se produce, que eleva los costos de tratamiento, puesto que deben ser tratadas para su disposición final en rellenos de seguridad.

¿En qué sector tendría mayor utilidad?

Una planta de tratamiento de electrocoagulación se puede implementar en una empresa minera, en una industria de cualquier tipo, en una localidad que no tenga servicio de agua potable, en lugares donde no sea factible la implementación de los tratamientos convencionales.

4.6 Aguas residuales

Se denomina aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Las aguas residuales son una mezcla compleja de contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto en suspensión como disueltos, los cuales se colectan en un sistema de alcantarillado público. La concentración de estos componentes no siempre es uniforme y depende del tipo de descarga de la cual se origina. Entre las más comunes se encuentran la sanitaria o municipal, la industrial y la agropecuaria.

4.7 Características de las aguas residuales

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica, apareciendo una interrelación entre muchos de los parámetros que integran dicha composición. A la hora de realizar una adecuada gestión de dichas aguas, se hace imprescindible el disponer de una información lo más detallada posible sobre su naturaleza y características.

Las aguas residuales, son un líquido turbio de color gris y cuyo olor no es francamente ofensivo. Se observan sólidos flotantes de gran tamaño (materia fecal, papeles desperdicios de cocina, etc.) y sólidos desintegrados de menor tamaño. Su aspecto turbio es debido a la presencia de sólidos muy pequeños en suspensión coloidal.

A continuación, se muestran las principales características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales:

A. Características físicas

➤ Color

La coloración de las aguas residuales determina cualitativamente el tiempo de las mismas. Generalmente varía del beige claro al negro. Si el agua es reciente, suele presentar coloración beige clara; oscureciéndose a medida que pasa el tiempo, pasando a ser de color gris o negro, debido a la implantación de condiciones de anaerobiosis, por descomposición bacteriana de la materia orgánica.

➤ Olor

Se debe principalmente a la presencia de determinadas sustancias producidas por la descomposición anaerobia de la materia orgánica: Ácido sulfhídrico, mercaptanos y otras sustancias volátiles. Si las aguas residuales son recientes, no presentan olores desagradables ni intensos. A medida que pasa el tiempo, aumenta el olor por desprendimiento de gases como el sulfhídrico o compuestos amoniacales por descomposición anaerobia.

➤ Temperatura

En los efluentes urbanos oscila entre 15° y 20°C, lo que facilita el desarrollo de los microorganismos existentes.

➤ Sólidos

De forma genérica, los sólidos son todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua residual que no son agua. Entre los efectos negativos sobre los medios hídricos, caben destacar entre otros, disminución en la fotosíntesis por

el aumento de la turbidez del agua, deposiciones sobre los vegetales y branquias de los peces, pudiendo provocar asfixia por colmatación de las mismas.

B. Características biológicas

Las características de las aguas residuales vienen dadas por una gran variedad de organismos vivos de alta capacidad metabólica, y gran potencial de descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica. El componente orgánico de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo o el azufre. Los organismos que principalmente se encuentran en las aguas residuales urbanas son: algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, larvas, etc.

C. Características químicas

Las características químicas de las aguas residuales vienen definidas por sus componentes orgánicos, inorgánicos y gaseosos

4.8 Composición de las aguas residuales

Las aguas residuales consisten de agua, sólidos disueltos y sólidos suspendidos. La cantidad de sólidos es muy pequeña en las aguas residuales; por lo general siempre son menores a un gramo por litro de agua.

Aun cuando la fracción de sólidos en el agua es pequeña, es esa la causa de una diversidad de problemas en los sitios de descarga y los sólidos deberán ser removidos por tratamiento y disposición adecuada.

A. Componentes orgánicos

Los componentes orgánicos pueden ser de origen vegetal o animal, aunque cada vez, y con mayor frecuencia, las aguas residuales también contienen compuestos orgánicos sintéticos. Las proteínas, hidratos de carbono y lípidos, así como sus derivados, son los compuestos orgánicos que principalmente aparecen en este tipo de aguas. Son biodegradables y su eliminación por oxidación es relativamente sencilla.

B. Componentes inorgánicos

Dentro de los compuestos inorgánicos se incluyen a todos los sólidos de origen generalmente mineral, como las sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas, y ciertos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc., que pueden sufrir algunas transformaciones (fenómenos de óxido-reducción y otros

C. Componentes gaseosos

La componente gaseosa de las aguas residuales urbanas contiene diversos gases en diferente concentración, entre los que destacan:

Oxígeno disuelto. Es fundamental para la respiración de los organismos aerobios presentes en el agua residual. El control de este gas a lo largo del tiempo, suministra una serie de datos fundamentales para el conocimiento del estado del agua residual. La cantidad presente en el agua depende de muchos factores, principalmente relacionados con la temperatura y actividad es química y biológica, entre otros.

Tipos de aguas residuales

Las fuentes generadoras de aguas residuales dependen de su origen de contaminación, y se pueden catalogar en cuatro grandes grupos de acuerdo a su uso: domésticas, industriales, agropecuarias y urbanas

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, Agua para todos, agua para la vida (marzo de 2003). En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 km³/año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km³/año.

El sector productor no sólo es el que más gasta, sino que es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

4.9 Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

Las bombas deben seleccionarse de tal forma que se obtenga la capacidad y la altura dinámica requeridas, establecidas por el punto de operación al considerar las curvas características del sistema de bombeo y del sistema de tuberías, y teniendo en cuenta si son sistemas de presión constante para poder definir los rangos de presión de trabajo.

El dimensionamiento y el tipo de las bombas deben hacerse en conjunto con la tubería de impulsión, con el tanque de almacenamiento, y si aplica con el tanque

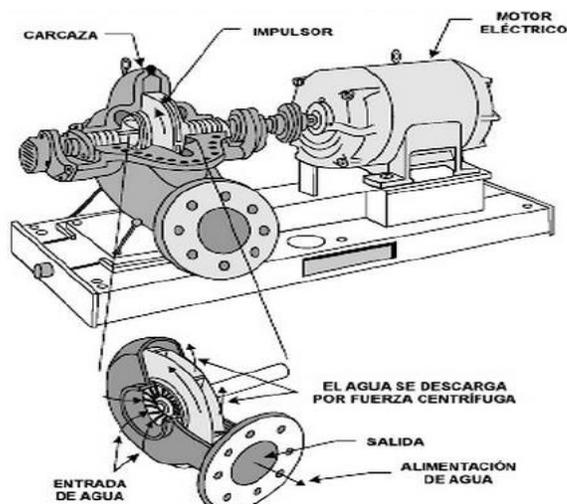
presurizado para mantener presión constante, buscando siempre la condición de mínimo costo, incluidos costo inicial, de operación, expansión y mantenimiento.

4.9.1 Bombas eléctricas

Las bombas tienen la función de transformar la energía eléctrica, con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve de esta forma el fluido incompresible que puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos. Con el fin de ser transportado de un punto a otro; Esto sucede al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli.

En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Partes de una bomba centrífuga de alimentación de agua



Selección de bombas: Probablemente el mayor problema con que se encuentra un ingeniero al diseñar un sistema de bombeo es la elección de la clase, tipo, capacidad, columna y detalles de la bomba o bombas que habrán de usarse en un sistema. Hay tal variedad de bombas útiles y tantas aplicaciones posibles para cada una de ellas que generalmente es difícil estrechar la elección a una unidad específica.

Componentes del sistema de bombeo

Además de la bomba, el sistema de bombeo en si se complementa con los siguientes componentes en general:

- **El motor impulsor**
- **Válvulas**
- **Dispositivos de medición y control**

4.10 Normatividad eléctrica y dinámica en los equipos de bombeo

En general, para el diseño de los circuitos de los motores el diseñador debe ceñirse a las Normas del Código Eléctrico – Motores y Generadores Eléctricos.

1. Accionamiento de las bombas: Siempre que sea posible, las bombas deben accionarse con motores eléctricos directamente acoplados a ellas.

2. Motores de emergencia: Si se compra energía eléctrica y no hay seguridad en el servicio, deben proveerse fuentes de energía suplementarias, justificando la conveniencia de utilizar motores diésel o un generador eléctrico.

3. Características de los motores: Los motores eléctricos que accionan las bombas deben tener una velocidad sensiblemente constante, un par de arranque alto de acuerdo con el sistema de acople utilizado con la bomba (protección contra golpe de ariete) y un buen factor de potencia. Se recomiendan los motores asincrónicos con rotor de tipo jaula de ardilla, y el uso de capacitores para mejorar las condiciones en el arranque y el funcionamiento del sistema.

4. Arrancadores: Para motores con potencia menor que 7.46 kW (10 hp) deben usarse arrancadores de pleno voltaje, o arrancadores compensados. Se pondrá especial atención al estudio de arrancadores electrónicos que permitan ahorro en energía.

5. Niveles de tensión: Para los voltajes de los circuitos se recomiendan voltajes de:

- 120 Vac monofásico, para motores menores o iguales que ½ hp.
- Entre 200 y 500 Vac trifásico, para motores mayores que ½ hp y menores o iguales que 350 hp.

6. Caída total de tensión: La caída total de tensión desde la acometida hasta cualquier motor, no debe exceder el 5%.

7. Protección de los circuitos eléctricos: Deben usarse interruptores automáticos con protección termo-magnética - protección contra sobre cargas y contra cortos circuitos de forma que abra el circuito y no permita el paso de corrientes que puedan causar daños en los equipos.

Para un esquema básico de arrancador: interruptor - contactor - térmico, el primero deberá ser no automático, sólo para protección contra corto circuito y el tercero (térmico) para efectos de proteger contra excesos de corriente (Sobrecarga).

8. Conductores y aislamiento: Al especificar los conductores debe tenerse en cuenta el posible cambio de potencia de los motores en el futuro. Los conductores deben ser de cobre con aislamiento tipo TW para 600 voltios.

9. Canalización de los conductores:

- La canalización debe hacerse en tubería conduit galvanizada o PVC, si el diámetro requerido no es mayor que 100 mm (4 pulgadas).
- Si el diámetro requerido es mayor de 100 mm (4 pulgadas), debe utilizarse más de una tubería de 50 mm (2 pulgadas) o menor, o un canal de cables del cual se hará la derivación, en coraza flexible, a cada uno de los motores.

10. Arranque y parada a control remoto: Cuando se necesite arrancar y parar los motores a control remoto deben proveerse equipos coordinadores y supervisores del proceso para su control, como un PLC, el cual unido a los interruptores automáticos, accionamientos por flotador y otros elementos para el control instalados en el bombeo, con el objeto de actuar sobre los circuitos, permitan el arranque y parada a control remoto del arrancador.

Métodos de selección

Deberá proveerse durante la construcción de la obra civil un sistema de tierra, el cual debe cumplir con los requerimientos técnicos y lo exigido por seguridad industrial para garantizar la protección de los equipos y los operadores y al que debe conectarse rígidamente la carcasa de los motores.

Las bombas se eligen generalmente por uno de tres métodos:

- El cliente suministra detalles completos a uno o más fabricantes, de las condiciones de bombeo y pide una recomendación y oferta de las unidades que parezcan más apropiadas para la aplicación.
- El comprador efectúa un cálculo completo del sistema de bombeo procediendo luego a elegir la unidad más adecuada de catálogos y gráficas de características.

-
- Se usa una combinación de estos dos métodos para llegar a la selección final.

La economía dicta que la elección de la bomba debe ser aquella que suministra el costo mínimo por litro bombeado a lo largo de toda la vida útil de la unidad. Entre los factores de operación que requieren reconocimiento especial cuando se decida la clase especial de la bomba, están incluidos el tipo de servicio (continuo o intermitente), preferencias acerca de la velocidad de operación (las bombas de alta velocidad pueden ser más baratas), cargas futuras anticipadas y su efecto sobre la columna de la bomba, posibilidad de operar en paralelo o en serie con otras bombas y muchas otras condiciones peculiares a una aplicación dada.

4.11 Sistema de control

Los sistemas de control se utilizan para mantener relaciones adecuadas de aire-agua, presión y nivel de agua en el tanque presurizado. Controlan el arranque y paro de los equipos de bombeo. La bomba de llenado es controlada por un sensor que en general es un presostato, presostato que arranca la bomba cuando la presión de agua alcanza la presión mínima de operación; la bomba se detiene cuando la presión llega al valor máximo establecido.

También se puede considerar como elemento de control los interruptores de nivel en el tanque de succión, de manera que me condicione el trabajo de las bombas y las proteja cuando el nivel del líquido este bajo. (Presostato y flotador eléctrico).

Presostato Conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado. [9]

Flotador eléctrico El flotador eléctrico tiene como función automatizar la bomba, evitando que ésta funcione cuando no sea necesario, y que el tinaco se desborde por el exceso de agua. Al utilizar un flotador en el tinaco y otro en la cisterna, los flotadores permiten además de la automatización, una protección de su bomba, pues ésta solo se enciende cuando hay agua en la cisterna.

El flotador es un producto de plástico, sellado herméticamente conocido también como sensor o interruptor flotante de nivel, su diseño es muy práctico, al igual que su instalación, pues no requiere de mayores complicaciones para su colocación. En una sociedad en donde el agua potable es cada vez más escasa, el flotador eléctrico es

Tableros de control y potencia

Con la finalidad de controlar el sistema de bombeo, se implementan tableros de control y potencia, el cual tiene un conjunto de elementos (contactores, relés, térmicos, gabinetes entre otros) que van acorde a las normativas referentes a instalaciones eléctricas.

Estos tableros son instalados para que proporcionen el correcto funcionamiento del equipo, desde su encendido, apagado, detección de altas y bajas tensiones, caídas de fases entre otros parámetros que puedan interferir con el funcionamiento correcto del sistema de bombeo, automatizados con el uso de un PLC programable

Protecciones Las protecciones eléctricas son de vital importancia en los motores, generadores, transformadores, centros de control de motores, alimentadores de ramales Eléctricos, cables, y otros dispositivos empleados en las instalaciones eléctricas de cualquier empresa, industria o comercio. Los motores, los generadores y los transformadores son unos de los tantos equipos eléctricos que deben de ser protegidos contra eventos no deseados como sobre corrientes o cortocircuitos, es allí donde las protecciones les corresponden actuar para evitar daños catastróficos en los mismos. Por tal razón una instalación bien diseñada posee un buen sistema de protecciones eléctricas.

La protección es un seguro de vida que se compra para el sistema de potencia a un costo extremadamente bajo. Un proceso de protección puede resumirse en tres etapas como lo son:

- Lectura de corrientes y / o tensiones.
- Analizar si esos valores son o no perjudiciales al sistema.
- Si son perjudiciales, desconectar la parte de la falla en el menor tiempo posible.

Se logran resaltar fallas en los sistemas eléctricos como cortocircuito, sobrecarga, insuficiente capacidad de generación y sobre tensiones.

4.12 Accionamientos eléctricos

DEFINICIÓN

Un accionamiento eléctrico es un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos (de potencia), y electrónicos (de control), interconectados adecuadamente y alimentado desde un sistema eléctrico de potencia con el fin de obtener una respuesta mecánica controlada tanto en sus parámetros cinemáticos: -posición (x , Θ) y velocidad (v , Ω) también como en sus parámetros dinámicos: fuerza (f), par (T) y potencia (P)

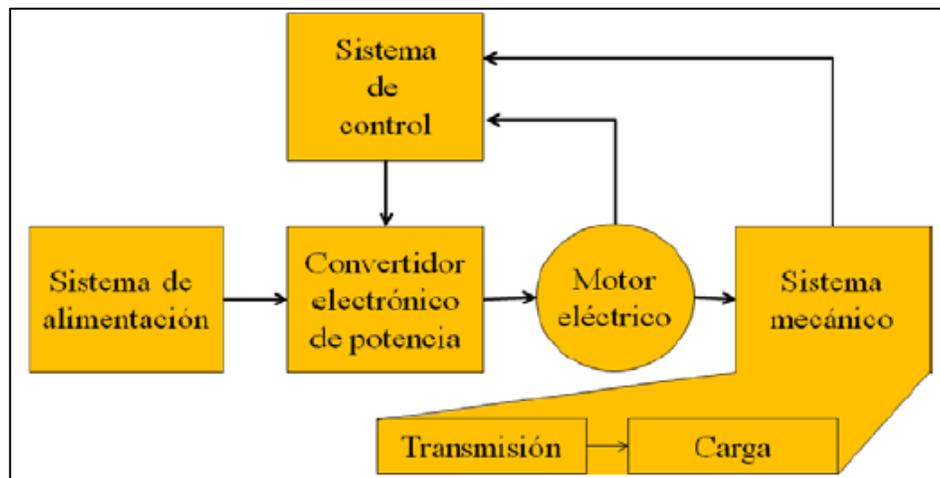
Los requerimientos que se exigen al sistema mecánico son de índole dinámica o de precisión:

Requerimientos de índole dinámica: Control de aceleración y Tiempos de respuesta cortos

Requerimientos de precisión: Mantenimiento de velocidad constante - Mantenimiento de par a bajas velocidades -Parada en posición

ESTRUCTURA DE LOS ACCIONAMIENTOS

Las partes de que consta un accionamiento se representan en la Figura a continuación comentamos brevemente cada una de las partes:



de alimentación: Suministra la potencia eléctrica necesaria tanto para todos los elementos eléctricos y electrónicos del accionamiento. La alimentación puede estar disponible en DC o AC desde la red eléctrica, generadores aislados o baterías.

Motor eléctrico: Se encarga de poner en funcionamiento el sistema mecánico. Actualmente se puede usar cualquier motor industrial tanto de AC como de DC. El estudio de los accionamientos eléctricos es fundamentalmente el estudio del comportamiento dinámico de los motores eléctricos.

Convertidor electrónico de potencia: Entrega al motor la energía eléctrica en la forma adecuada a la respuesta que se espera de éste. Su estructura en general es la de un convertidor electrónico que, según las características del motor y de la alimentación, puede ser AC-DC, AC-AC, DC-AC o DC-DC.

Transmisión: Es el elemento que transmite la energía mecánica del motor a la carga. Puede ser directa (hay un eje común al motor y a la carga, como en el caso de un taladro), o indirecta (el motor se conecta a la carga a través de engranajes, correas, bielas..., como en el caso de un montacargas)

Carga mecánica: Es el elemento contra el que se realiza la fuerza o el par para realizar el movimiento. Puede ser pasiva (la fuerza o el par resistente es opuesto a la velocidad –taladro–), o activa (la fuerza o el par resistente tiene un sentido concreto, independiente del sentido de la velocidad –ascensor–).

Sistema de control: Se encarga de generar y entregar las órdenes de funcionamiento del accionamiento a partir de la información recibida de los sensores y de las consignas (manuales o programadas) que se le hayan dado.

Sensores: Miden los parámetros de salida y entregan la información al Sistema de control. Pueden ser eléctricos (transformadores de intensidad, sondas Hall,), o mecánicos (tacómetros, finales de carrera, encoders,).

4.13 Arranque para motores

Existen básicamente 3 tipos de arranques a la hora de accionar un motor eléctrico.

A. Arranque directo.

Consiste en alimentar directamente los bornes del motor a pleno voltaje, eso sí a través de los dispositivos de protección y accionamientos antes mencionados. Generalmente este tipo de arranques es usado en motores de baja potencia debido

a que si se usa en motores de potencias grandes se generan corrientes de arranques elevadas de alrededor de 3 a 15 veces la corriente nominal que pueden dañar el equipo y la red.

B. Arranque estrella-triangulo.

El objetivo principal es reducir las corrientes de arranque al momento de encender el motor, teniendo conectadas sus bobinas inicialmente en la configuración de estrella. Generalmente esta corriente se reduce 3 veces respecto a la corriente de arranque directo debido al tipo de conexión mencionado siendo de 1 a 5 veces la corriente nominal al arranque. Luego de cierto tiempo, y mediante una configuración de contactores y relevos, se conectan los arrollamientos del motor en triángulo para que trabaje en sus parámetros nominales.

Aunque este arranque supone una ventaja, tiene el problema que cuando se hace el cambio de estrella a triangulo aparecen picos de corriente no deseados que pueden dañar el motor y la red.

C. Arranque suave

En un arranque suave un dispositivo (**soft starter**) reduce el exceso de corriente durante el encendido. Es un dispositivo de estado sólido de arranque encargado de regular la aceleración del motor partiendo de un voltaje reducido, haciendo aumento progresivo hasta llegar a la tensión de trabajo permitiendo un arranque suave reduciendo el pico de corriente.

4.14 Tipos de Planos Eléctricos

La sistematización y clasificación de los planos eléctricos facilita el estudio y la diferenciación de los mismos.

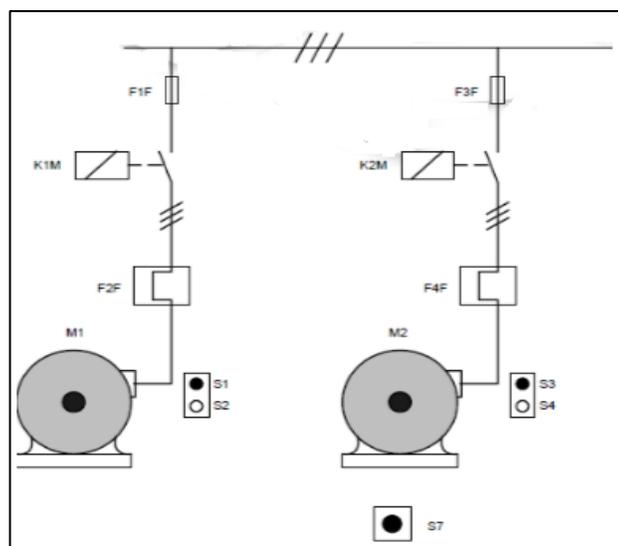
Por principio, los planos, los diagramas y los esquemas eléctricos se dibujan en estado de reposo. Esto significa que se dibujan sin tensión aplicada o bien sin que circule la corriente y las piezas mecánicas sin accionar

Tipos básicos de planos:

- Plano general.
- De funcionamiento.
- De circuitos.

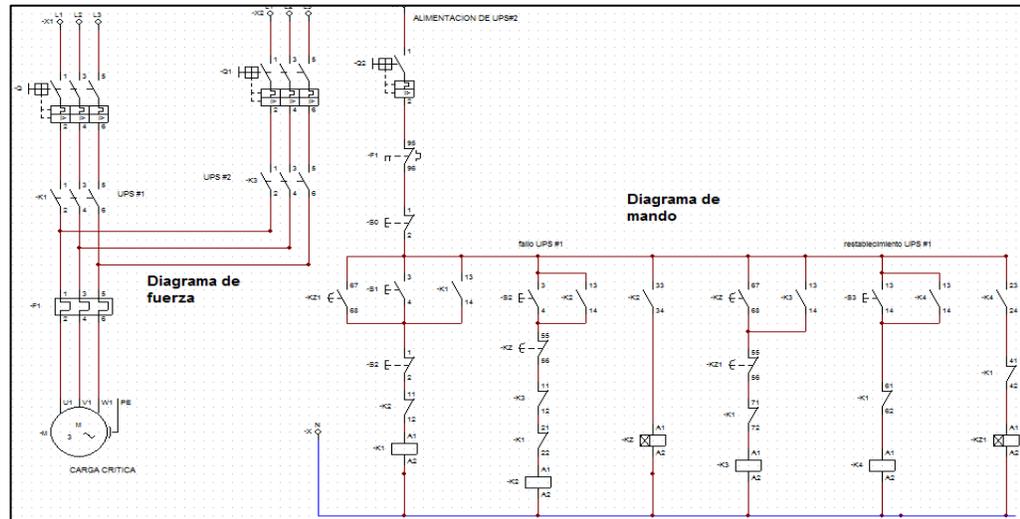
Plano general

Esta es la presentación más simple, por lo general unipolar o unifilar.



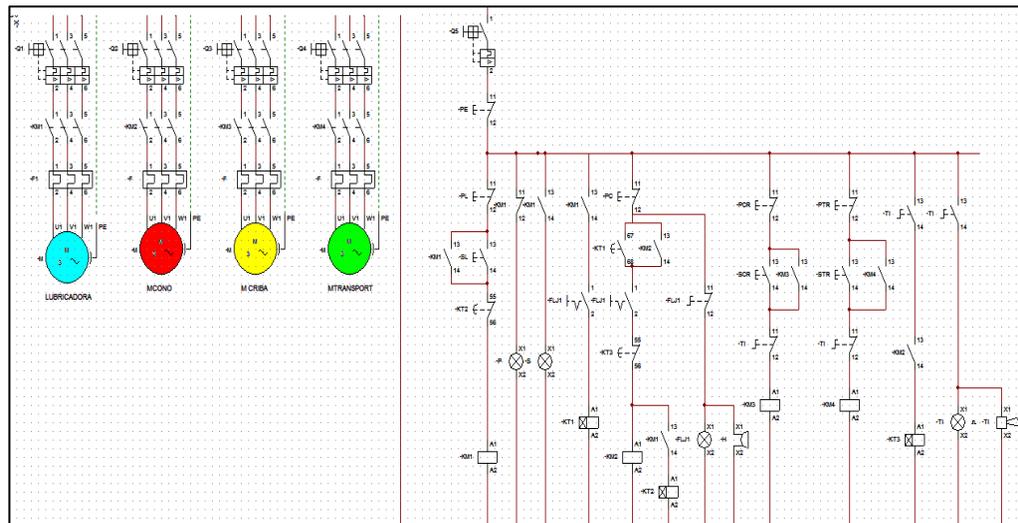
Plano de funcionamiento

Este plano es la presentación detallada en un solo plano de los circuitos principal y de mando de una conexión eléctrica.



Plano de circuitos

Este plano es el más usado actualmente en la electrotecnia para la presentación de una conexión. Se divide en circuito principal o de potencia y en circuito auxiliar o de mando (circuito de mando y señalización).



NOTA: El circuito de mando se dibuja a la derecha del diagrama de fuerza.

4.15 Simulación de esquemas de automatismos eléctricos

CADE-SIMU es un programa de edición y simulación de esquemas de automatismos eléctricos. No tiene instalador, se trata de un archivo en formato .ZIP que debe descomprimirse en cualquier carpeta y haciendo doble clic en el ejecutable, basta para que funcione. Además, solicita una clave de acceso.

Los nuevos diseños eléctricos elaborados se guardan por defecto con la extensión. CAD, debemos siempre ejecutar el programa y después abrir el archivo que deseamos editar, no utilizar el doble clic sobre el archivo.

Interfaz del Programa CADE-SIMU

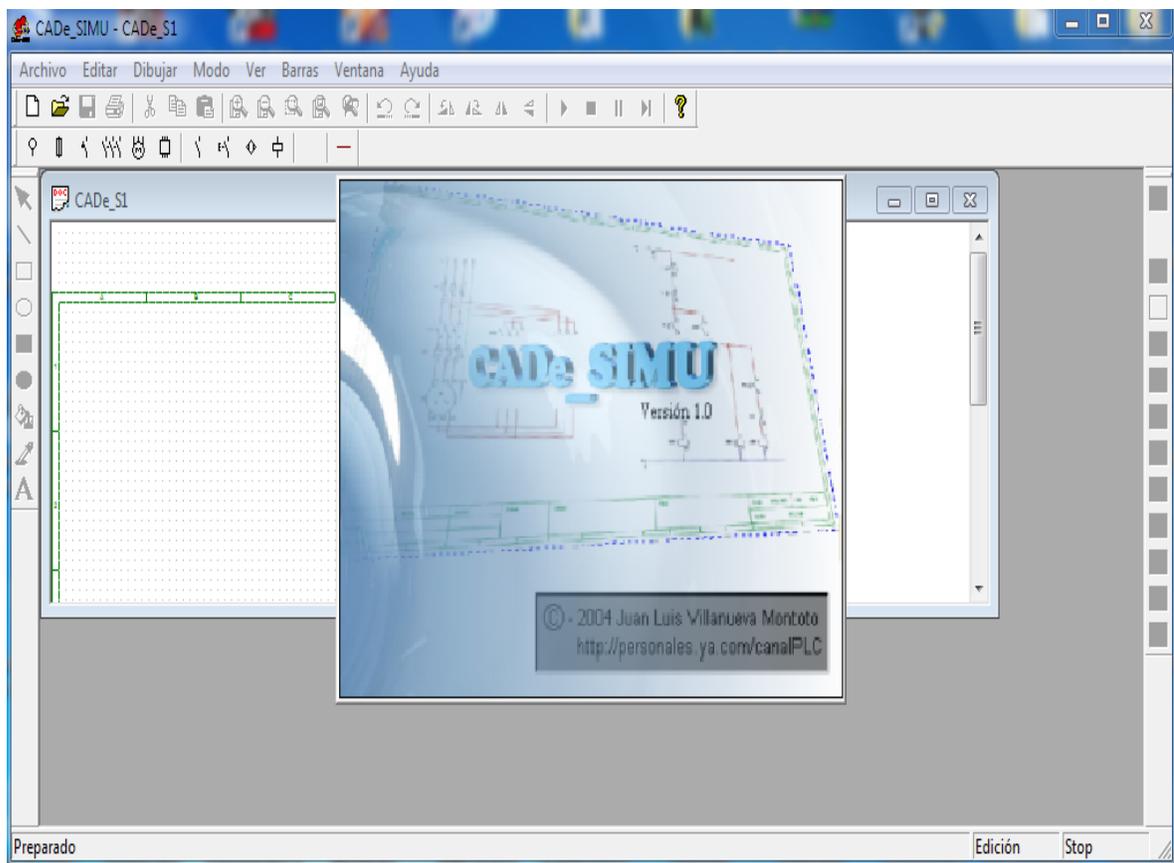
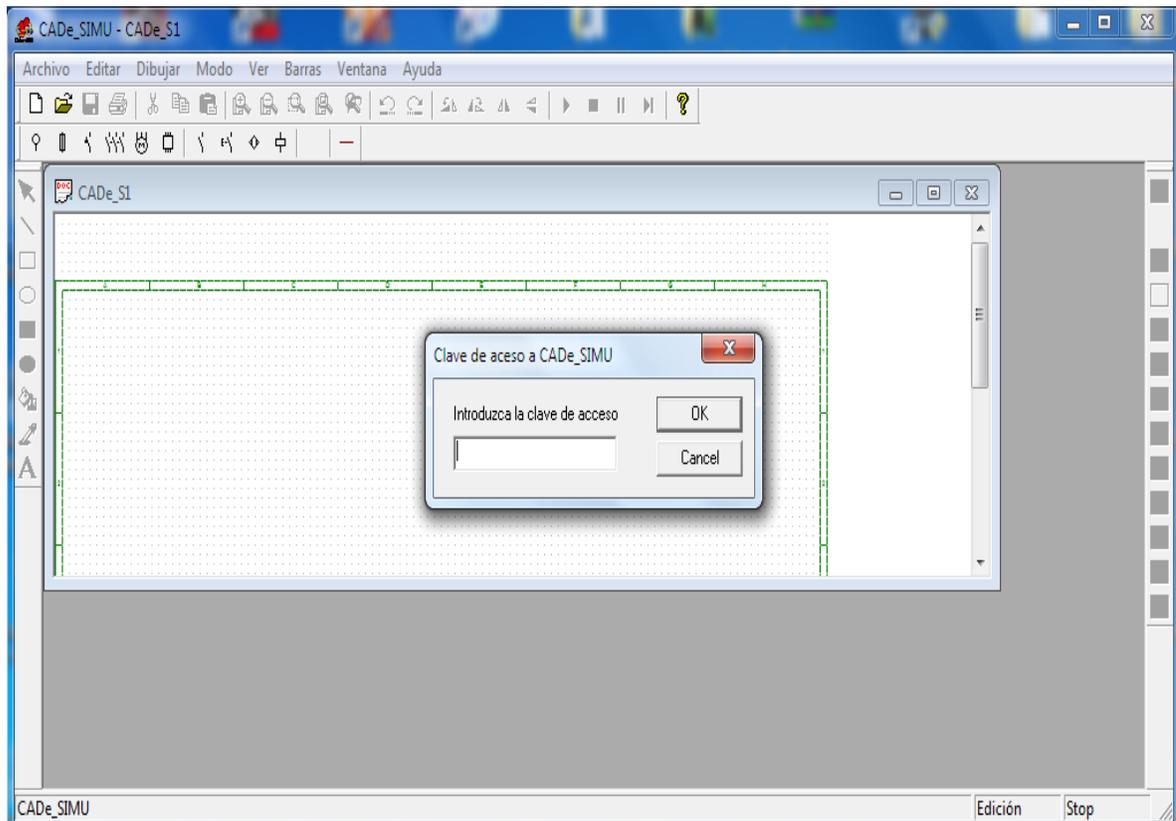
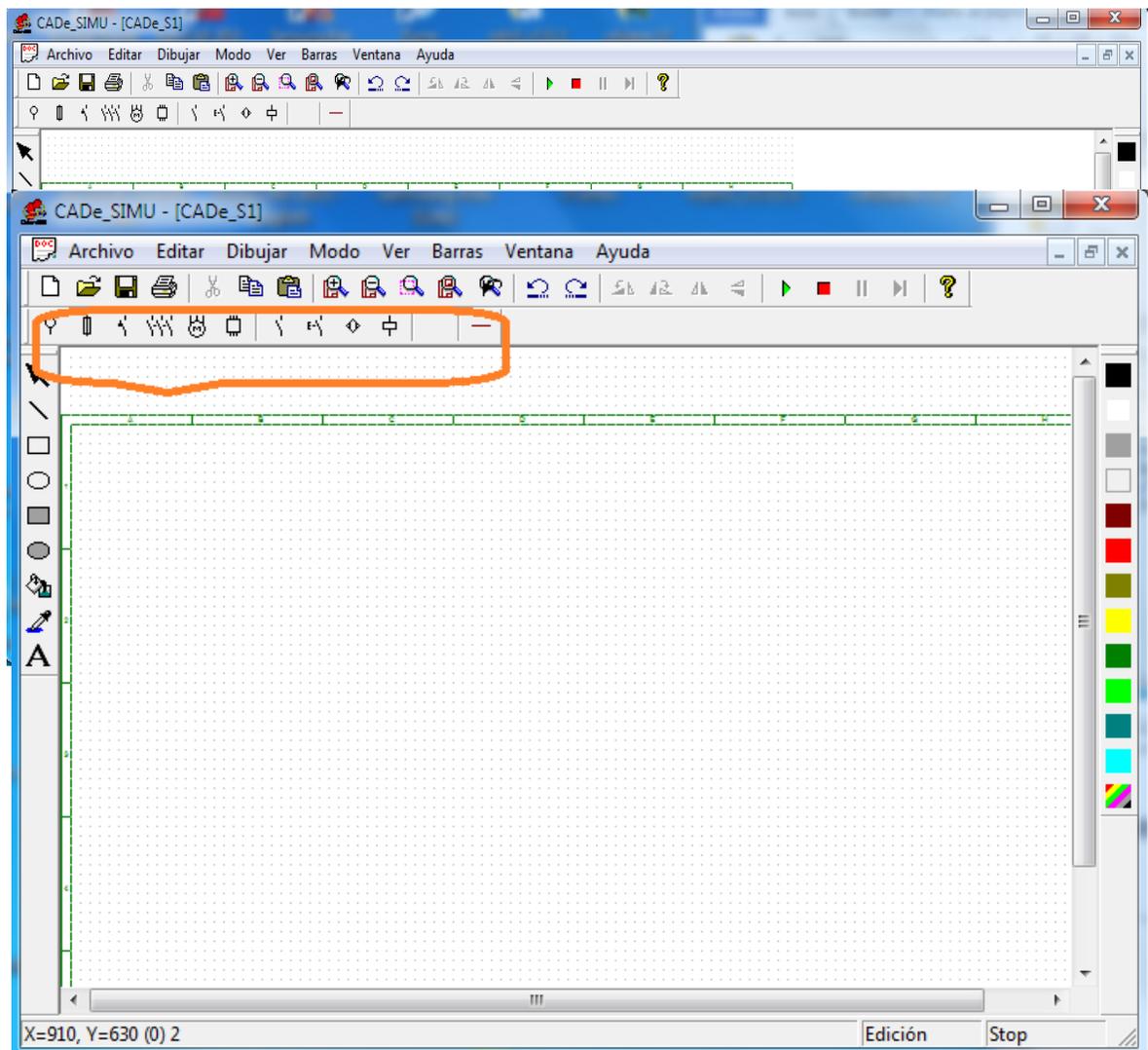


Figura : Interfaz del programa CADE-SIMU

Inicio del programa , introducir clave 4962 (Importante si no introducimos clave no permitira guardar el programa diseñado.



Listo para editar o simular el automatismo electrico de la maquina



En la seccion seleccionada tendremos distintos componentes agrupados por categoria. Al pulsar sobre ellos se desplegaran en la parte inferior los distintos simbolos de los elementos de cada categoria.

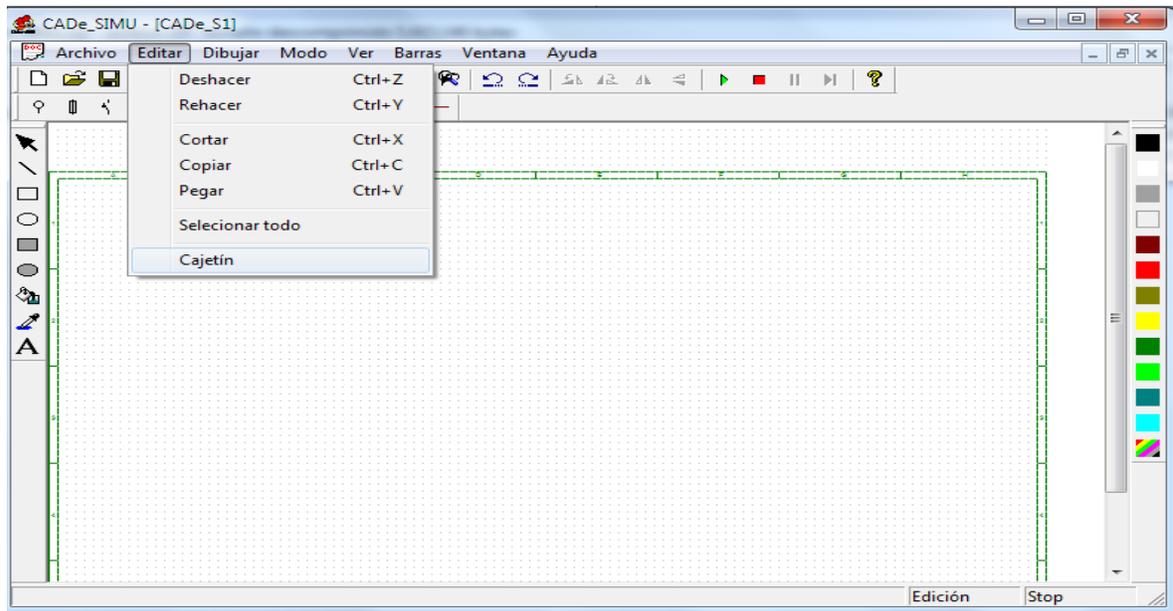
Las distintas categorias podemos verlas desplegadas en la pagina siguiente .
pasando el cursor por encima del componente , nos aparecera una descripcion del mismo .

Para insertarlo , bastara con pulsar sobre el y desplazar el cursor hasta el área de dibujo.

Simbolos de componenetes



En el menu de edicion podemos insertar los datos del esquema del cajetin.

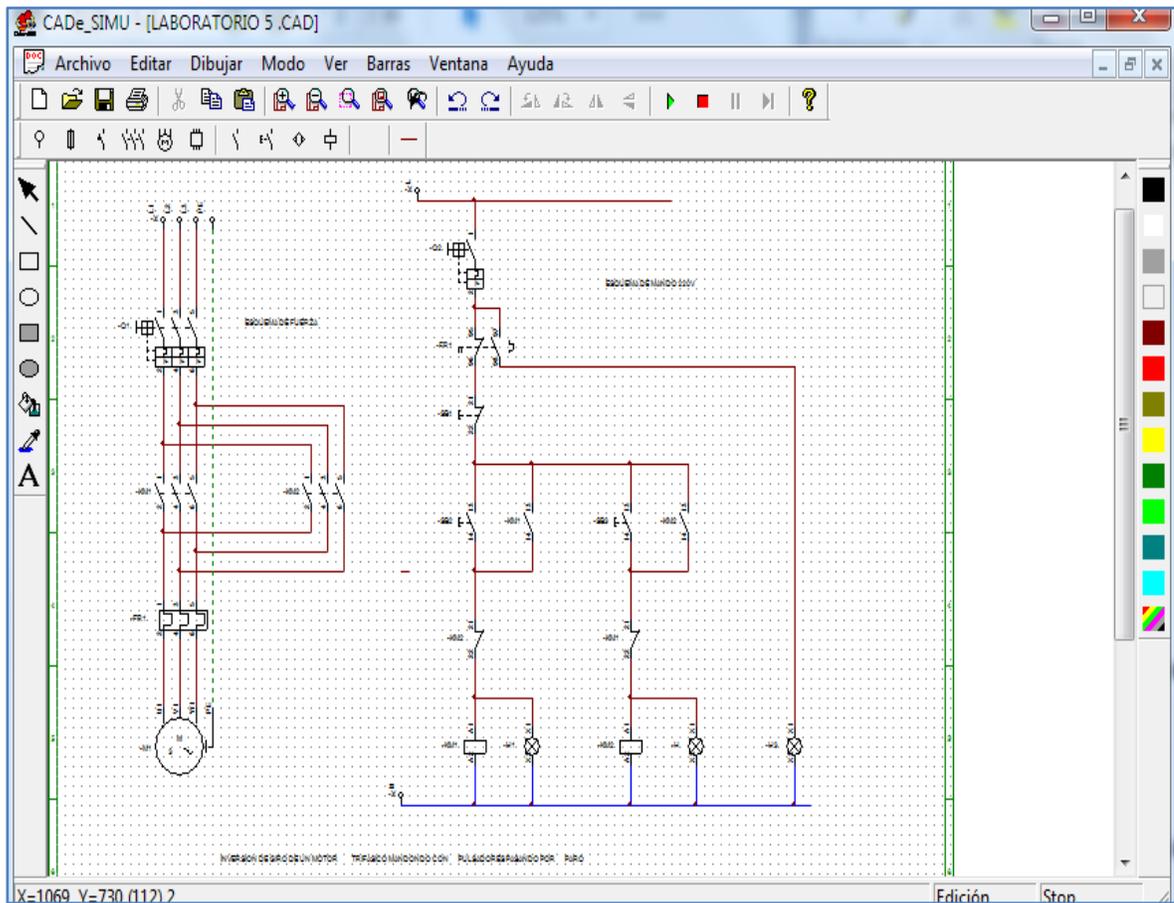


Este programa simula el funcionamiento de los esquemas , es necesario alimentar y conectar correctamente todos los componentes àra que la simulacion funcione de forma adecuada.

El marcado de los componenetes es muy importante , ya que todo lo que este identificado con el mismo nombre actuaran de modo simultaneo.

Se selecciona cada componente y se situaran en la zona donde lo queramos insertar , despues se identificaran en el esquema .

Ejemplo de un diseño electrico



V. Análisis y resultados de estudio

En esta metodología se hace una propuesta del sistema de control para el funcionamiento de la pequeña planta de tratamiento de agua, así como las alternativas de solución para su implementación. El sistema propuesto cuenta con muy poca maquinaria, pero es realmente fundamental en el procesamiento. dependiendo de los volúmenes de agua potable que se pretenda producir, pueden variar la cantidad y complejidad de las maquinarias.

➤ **Se Recopilo la información**

El objetivo es identificar los aspectos que permiten medir cada proceso, recopilar y clasificar los datos que afectan el buen funcionamiento del sistema.

Algunos datos como el proceso de arranque de las bombas eléctricas, accionamientos eléctricos, fuentes de tratamiento de agua y control sobre el sistema.

➤ **Análisis de datos**

Una vez que la información ha sido recopilada en los pasos anteriores del estudio, la información deberá ser capturada y ordenada para proceder a su análisis, datos.

➤ **Búsqueda local de equipos y simuladores para el diseño**

De acuerdo a la teoría desarrollada y a las necesidades que presente la planta se necesita la búsqueda empresas distribuidoras de elementos de control y protección para la evaluación de las propuestas.

➤ **Elaborar el informe del estudio para la implementación del sistema**

El paso final es el de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones de la propuesta del nuevo sistema de control para el tratamiento de agua, haciendo énfasis en las oportunidades de la mejora de los procesos actuales.

Descripción de funcionamiento

Este proyecto consiste en automatizar un nuevo sistema para la potabilización de agua, el sistema propuesto es relativamente nuevo y se están realizando investigaciones relacionadas a su funcionalidad y eficacia, por esta razón no se pueden dar muchos detalles con respecto a su funcionalidad. Sin embargo, de manera general puedo mencionar que es un sistema escalable, es decir se puede emplear como un sistema individual, funcionar para un complejo de apartamentos

o bien como una planta de tratamiento de agua empleando sistemas complementarios.



Figura : Imagen de un sistema de tratamiento

Descripción del sistema

Para efectos de este proyecto, se considera un caso hipotético de una planta de tratamiento a nivel residencial de máximo un volumen de 500lts efectivos para los cuales se emplearía un volumen de agua cruda de 650lts aproximadamente.

Para este sistema se emplearán los siguientes componentes:

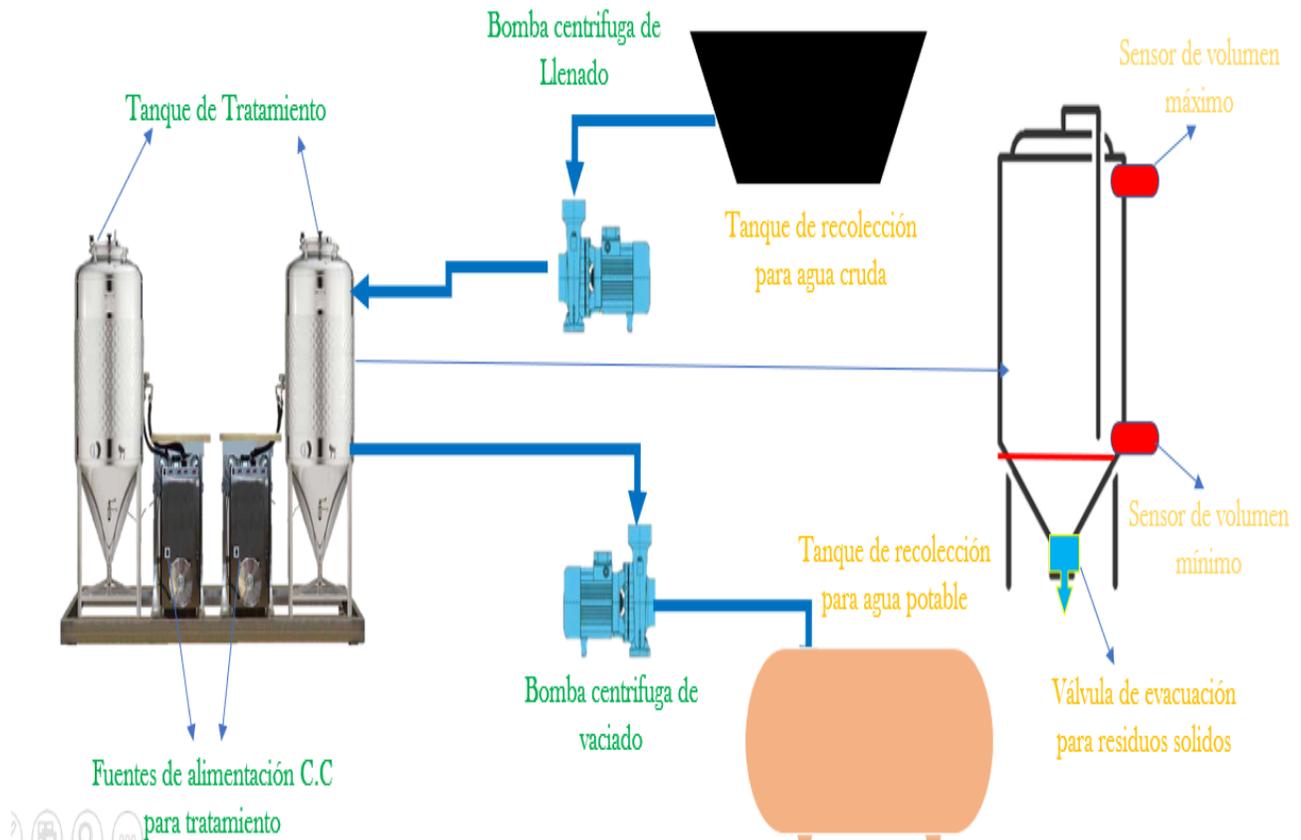


Figura : Componentes de un sistema de tratamiento de agua.

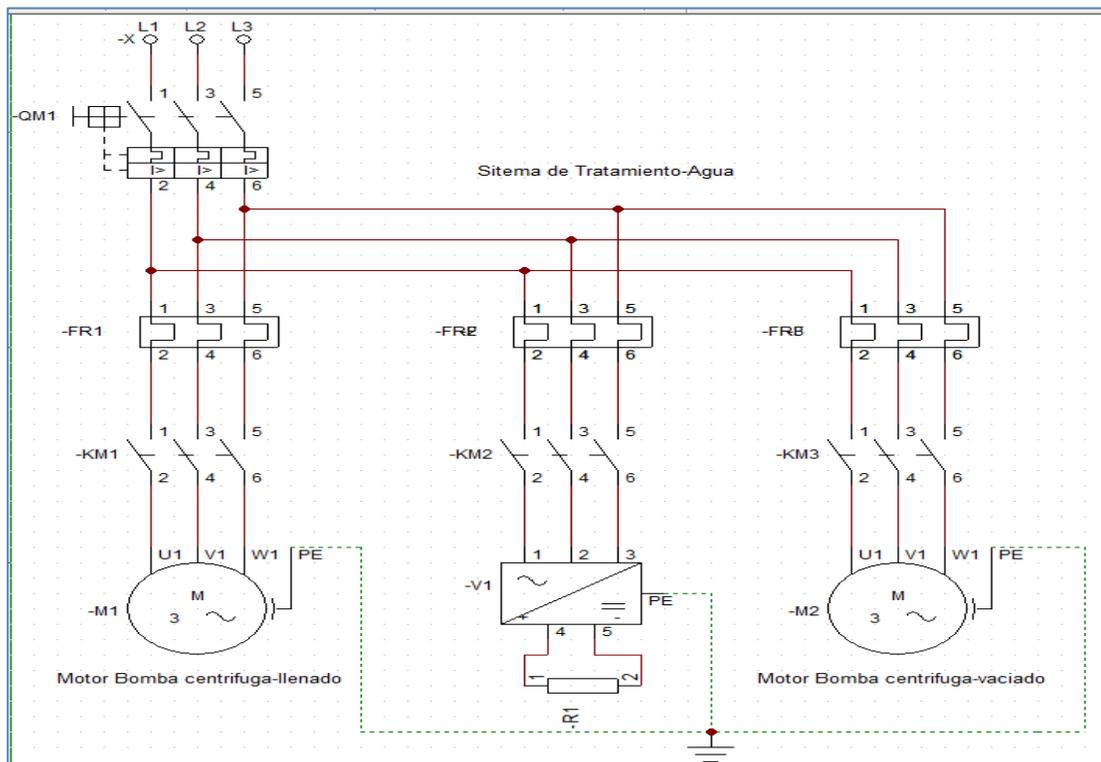
Descripción del esquema de fuerza

El sistema propuesto cuenta con muy poca maquinaria, pero es realmente fundamental en el procesamiento. Dependiendo de los volúmenes de agua potable que se pretenda producir, pueden variar la cantidad y complejidad de las maquinarias. El esquema de fuerza realizado cuenta con:

2 motores Trifásicos, 60Hz, 220v, 5-8hp

Un par de placas de material inerte que generan un campo eléctrico, se puede nombrar para mayor facilidad resistencia, C.C 120v.

Cada una de estas maquinarias tiene una función determinada que se ejecutara en un momento determinado, Orientado por los diferentes aditamentos conmutadores del sistema de mando.

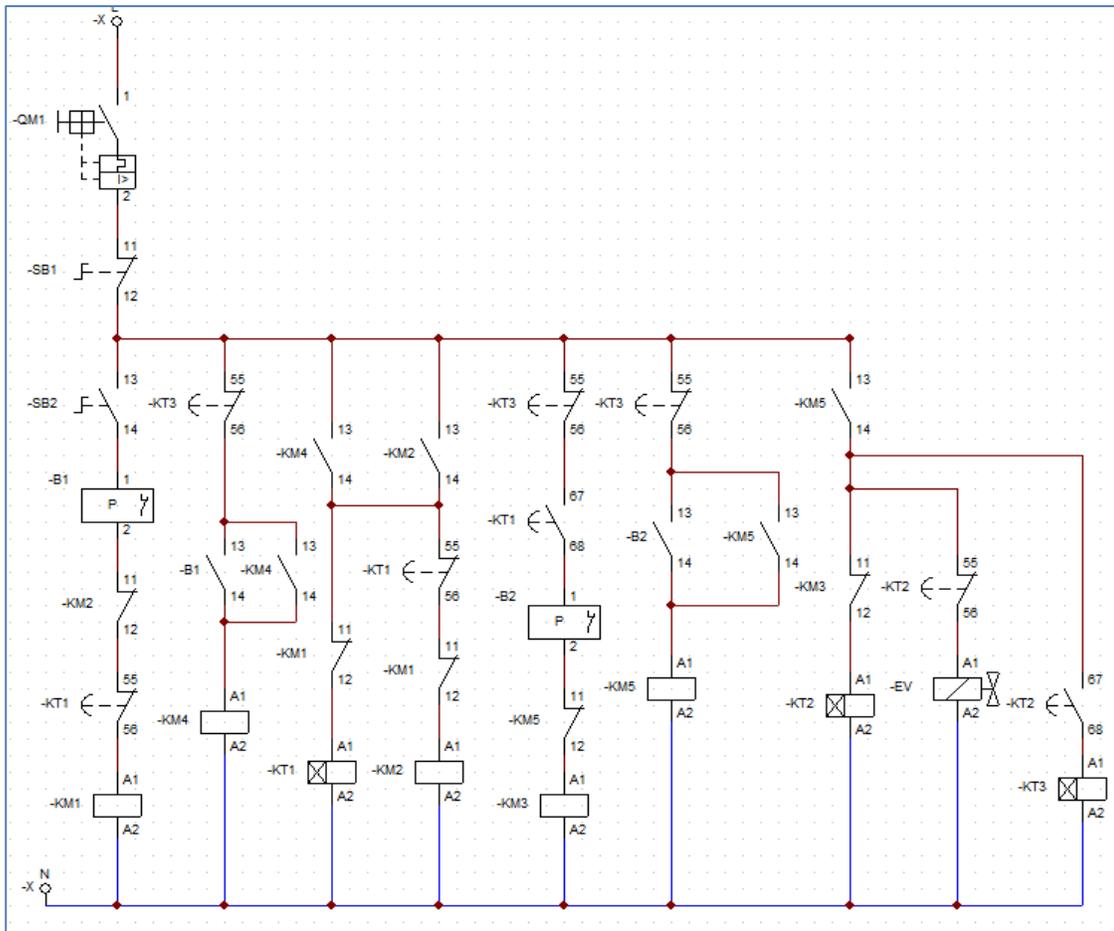


Descripción del esquema de mando

El esquema de mando propuesto es un poco complejo, pero es realmente permite automatizar gran parte del en el procedimiento y Dependiendo de los volúmenes de producción que se pretendan alcanzar, pueden variar la cantidad y complejidad de los aditamentos. El esquema de mando realizado cuenta con:

- 2 interruptores (NA y NC)
- 2 sensores de presión
- 5 contactares
- 3 relés temporizados

- 1 Electro Válvula



El sistema este e su mayoría automatizado puesto que únicamente se necesitaría el encender el sistema y previamente definir los tiempos entre cada proceso, además de supervisar la correcta ejecución de los proceso por parte de un operario.

El sistema tanto de fuerza como de mando cuenta con sus debidas protecciones (Disyuntor y relés térmicos), el sistema de mando cuenta con un botón de paro y de encendido además de contar con los debidos enclavamientos cruzados para evitar que las operaciones de alguna manera pasen al mismo tiempo.

La primera etapa comienza desde el accionamiento de marcha para la bomba centrífuga de llenado, la cual se detendrá automáticamente al activarse el sensor de

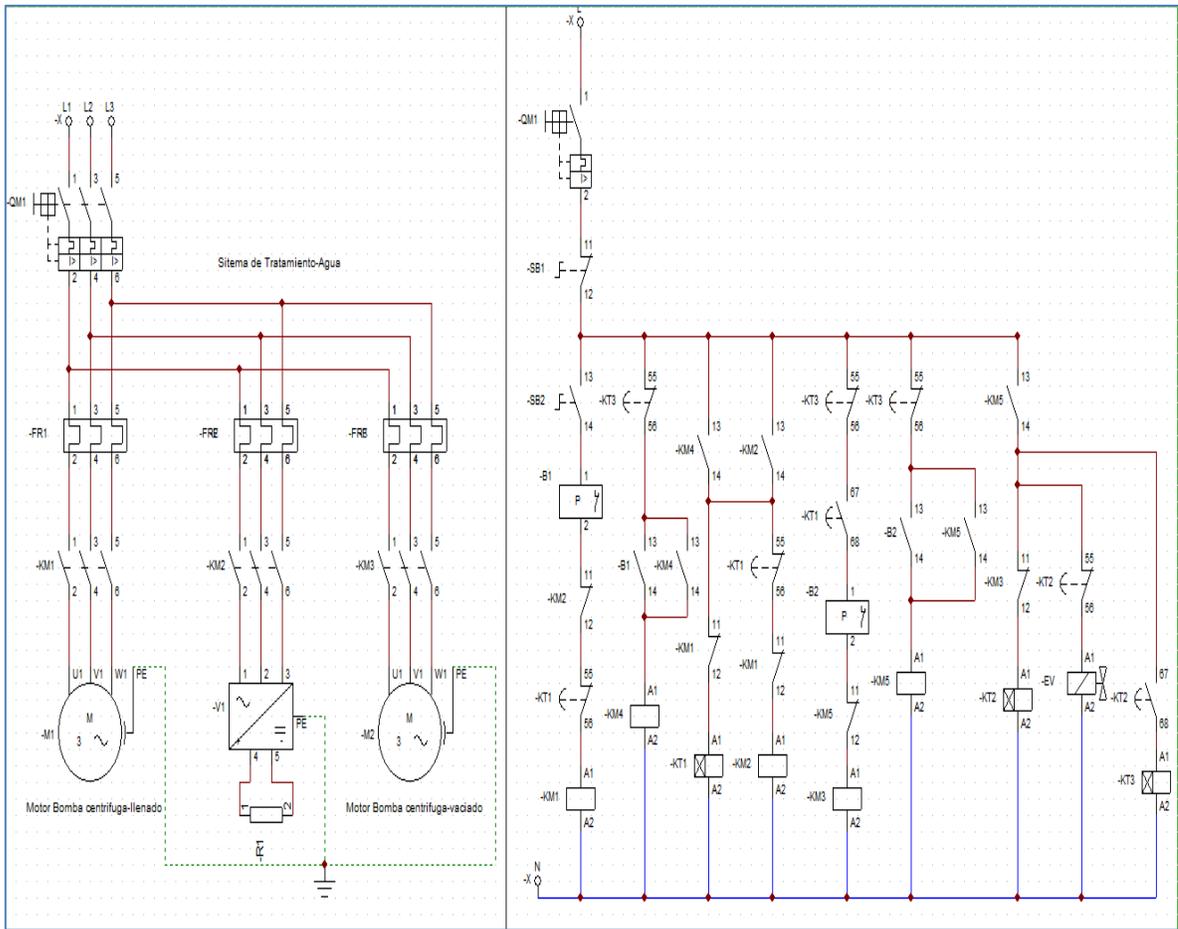
volumen máximo. Enviando una señal a través de un contactar de apoyo para activar la segunda etapa.

La segunda etapa comienza al permitir el paso de corriente alterna a un convertor generando Corriente directa para efectuar el tratamiento de potabilización, el cual estar limitado por un relee térmico ajustado al tiempo requerido, desactivando el flujo de energía al convertor pasado el tiempo de potabilización y dando lugar a la tercera etapa mediante el accionamiento de otro contactar auxiliar.

La tercera etapa consiste en la activación de la bomba centrífuga de vaciado, para transportar el agua potable a un almacenamiento, deteniéndose este proceso al activarse un sensor de vaciado que evita el funcionamiento en vacío de la bomba, aguándola y atreves del mismo contactar iniciar la cuarta y última etapa.

La cuarta etapa consiste en la activación de una electro válvula de vaciado, temporizada adecuadamente con un relé definiendo el tiempo de acuerdo al volumen residual. Una vez terminado terminado el vaciado se procede a reiniciar todo el sistema después de un tiempo definido en un relé temporizado, el cual desconectara todo el sistema y activa nuevamente la etapa de 1 de llenado a menos que se detenga antes del reinicio.

Demostración mediante simulación en cade_simu



VI. Conclusiones y recomendaciones

Se Utilizo el software CADE_Simu para el diseño eléctrico de control de la planta de tratamiento de agua propuesta.

Se logro estudiar la teoría sobre accionamiento eléctrico, bombas eléctricas, aguas residuales y fuentes de alimentación CC para tratamiento de agua para garantizar un eficiente diseño de planos de control.

Se Realizo el esquema del funcionamiento de la pequeña planta necesario para el sistema de alimentadores, bombas del sistema de recirculación y manejo de aguas para su debido proceso.

Se presentaron los planos eléctricos diseñados en sus esquemas de fuerza y mando del sistema funcional mediante simulación.

Se prevé el diseño de las instalaciones eléctricas internas que cumplan con la normatividad vigente regida por la NTC 2050, el RETIE 2013 y a nivel local las normas CIEN, garantizando el correcto dimensionamiento de la red eléctrica para el cableado del sistema de bombas, obteniendo una baja regulación que no supera el 3% permitido para la acometida hasta los tableros de distribución, y el 2% permitido para cada circuito ramal, incluyendo los motores de las bombas gracias a las cortas distancias existentes entre la subestación del edificio y el cuarto de bombas, y a las cortas distancias en la instalación dentro del mismo cuarto.

Se logró automatizar el sistema de bombas mediante el uso del dispositivo de control, aplicando los conocimientos de accionamientos eléctricos para la simulación del sistema propuesto.

Recomendaciones

Para un eventual montaje de recomienda el uso de arrancadores suaves para el diseño propuesto reduce las corrientes y picos de arranque comparado con el uso convencional de arranques directos o arranques en estrella-triangulo, donde se obtienen ahorros importantes en cuestión de consumo de corrientes además de alargar la vida de los motores y disminuir la frecuencia de mantenimientos de equipos de bombeo.

VII. Bibliografía

1. Vaikon, Manual eléctrico, capítulo 3, pág. 226, [texto web], Monterrey, México. [en línea] [http:// es.scribd.com/doc/58928393/39/PRINCIPIO-DE-FUNCIONAMIENTO](http://es.scribd.com/doc/58928393/39/PRINCIPIO-DE-FUNCIONAMIENTO).
2. KARASSIK Igor; CARTER, Roy. Bombas Centrifugas, selección, operación y mantenimiento. México: Continental, 1967. 560 p.
3. Principios básicos para el diseño de instalaciones de bombas centrífugas [en línea]: <<http://www.comagro.com.py>> [Consulta: 23 de octubre de 2017].
4. Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas. McGraw-Hill. 2005. Pág 382, 389, 452, 458.
5. MENAUGHTON, Kenneth. Bombas: Selección y Mantenimiento. 1ra. Ed. México: McGraw – Hill, 1990. 710 p.
6. ROLDÁN VILORIA José. Motores Eléctricos Automatismos de Control. Editorial Paraninfo. Madrid. 1989.
7. COOPER D. William, Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición, Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall Hispanoamericana, octubre de 1991, Pag 280-300
8. GARCIA SOSA, Jorge, “INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS”, Texto web, capítulo 3 numeral 3.4 SISTEMAS HIDRONEUMATICOS, [Citado el 13 de octubre de 2022], [en línea], fundación ICA, Ciudad de México, <<http://es.slideshare.net/djacky2202/instalaciones-hidraulicas-y-sanitarias-en-edificios>>.
9. <http://m.gprectifier-es.com/dc-power-supply/dc-power-supply-for-water-treatment/1500a-220v-electrocoagulation-waste-water.html>
10. <http://www.gprectifier-es.com/news/what-are-the-applications-of-rectifiers-dc-pow-35028584.html>