

## Diseño y distribución de instalaciones eléctricas en granja tecnificada

Br. Alexander José Mora Cerda, Br. Michael Alberto Muñoz Izaguirre.

Facultad de Ciencias e Ingeniería.<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

La investigación de operaciones tiene una inmensa aplicación en el campo de las ciencias y en los problemas que se nos presentan en la vida diaria, estas surgieron de operaciones militares y fueron adaptadas para mejorar la eficiencia y la productividad en el sector civil, la I.O es una herramienta dominante e indispensable para tomar decisiones. En el presente trabajo se utilizaron métodos para la adecuada distribución del tendido eléctrico de una granja porcina tecnificada ubicando el panel principal en un lugar estratégico de donde se ahorra una significativa distancia y por ende dinero y se disminuyen las caídas de voltaje con el objetivo de poder controlar el factor de potencia de la empresa con lo que se pretende realizar un balance energético tarifario óptimo.

Entre los métodos utilizados están árbol de expansión mínima, PERT, para determinar el tiempo aproximado en el cual se logra a finalizar la instalación eléctrica y se utilizó el método de transbordo para la distribución interna de la planta. Se realizó un censo de carga y un balance energético para determinar la sección de los conductores, el tipo de breaker a utilizar entre otros factores que se toman en cuenta para una óptima instalación las que serán descritas detalladamente en el documento. Además de contener un algoritmo de instalación eléctrica universal y flexible para poder ser adoptado a cualquier infraestructura, sin importar su tamaño y magnitud. El proyecto se realizó bajo la ley 618 (ley de seguridad e higiene ocupacional) y lo indicado por la CIEN (código de instalaciones eléctricas de Nicaragua) con ayuda del software matemático de simulación WINQ USB 2.0.y el simulador de Excel.

Uno de los costos más significativos de una industria son los cargos por consumo eléctrico, estos a la vez están ligados a la caídas de voltaje y bajo factor de potencia, lo cual implica una multa sobre la empresa. La mayoría de la empresa descuidan los balances energéticos, por lo que tiene como consecuencia lo antes mencionado, pero hay muchas limitantes cuando se hace un balance energético en una empresa, una de ellas es encontrar todas las variables que esta implica, por lo que se trabaja con aproximaciones teniendo un error representativo el cual para muchos no tiene importancia. Un proyecto de instalaciones, distribución y diseño eléctrico debe de tener presente todas estas variables para ser óptimo, y reducir al máximo los costos de operación por el proyecto, además de garantizar una instalación segura, y rentable, el cual le dé a la empresa la confianza de que en poco tiempo recuperara la inversión. El presente trabajo tiene como objetivo responder a estas variables por medio de la investigación de operaciones, utilizando como herramienta los modelos de redes de manera que se crea un algoritmo de instalación que minimiza los costos, distancias, controla el factor de potencia y caída de voltaje.

### PROPUESTA

Las decisiones sobre instalaciones implican una determinación de la localización de los departamentos, de grupos de trabajo dentro de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y puntos de mantenimiento de las existencias dentro de las instalaciones de producción. Existen formatos básicos de distribución de planta, según los cuales se arreglan los departamentos definidos por el patrón general del

---

<sup>1</sup> Trabajo dirigido por el maestro Wilfredo Calderón Carmona.

## Diseño y distribución de instalaciones eléctricas...

flujo de trabajo, entre estos tenemos: Distribución por proceso, Distribución por producto, Distribución de Células, Distribución de posición fija.

Estos Formatos se esquematizan de dos maneras o formas de distribuir la planta para un diseño óptimo de instalación de planta:

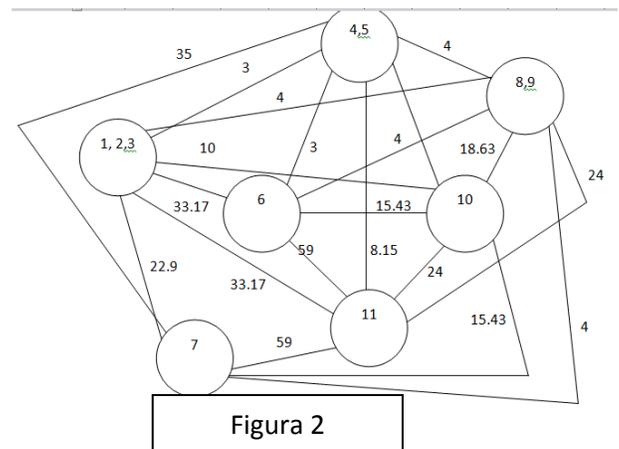
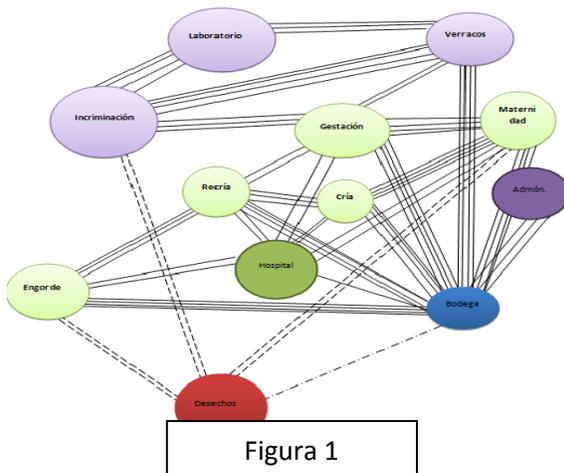
**Método cualitativo:** Utilización del algoritmo Systematic Layout Planning (SLP), que consiste en distribuir los puestos de trabajo por diagrama de proximidad, teniendo como herramienta el estudio de métodos, para una mejor eficiencia y eficacia del factor humano, orientado al cumplimiento de las normativas técnicas que está sujeta toda instalación: Ley 618, HACCP, ISO.

**Método Cuantitativo:** Este es la aplicación de los algoritmos descritos por la investigación operativa, teniendo como herramientas los modelos de redes, CPM, PERT, método húngaro, transporte, etc. Este describe la manera óptima de distribución de planta, ya que demuestra la productividad del sistema, y encerrando al método anterior. Se hará uso del método cuantitativo para la instalación eléctrica de una granja tecnificada, demostrando así un algoritmo de instalación eléctrica.

Este consiste en la aplicación y desarrollo del árbol de expansión mínima, jitrta y transbordo como principales herramientas para la aplicación. El proceso del desarrollo del modelo comienza con la planeación, control, dirección y organización de las actividades para el desarrollo lógico del sistema. Este es la esquematización de las distancias de los departamentos de la empresa:

FLUJO INTERDEPARTAMENTAL. DISTANCIAS (mt.)												
DESDE/HASTA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Verracos	0	0	0	3	3	33.17	22.93	4	4	10	33.17
2	Monta	0	0	0	3	3	33.17	22.93	4	4	10	33.17
3	Lab. Incriminación	0	0	0	3	3	33.17	22.93	4	4	10	33.17
4	Gestación				0	0	3	35	4	4	26.2	8.15
5	Maternidad				0	0	3	35	4	4	26.2	8.15
6	Recría								4	4	15.43	59
7	Engorde								4	4	15.43	59
8	Bodega									0	18.63	24
9	Hospital									0	18.63	24
10	Administración											64.5
11	Trata de desechos											

El flujo interdepartamental (figura 1) con el cual construimos nuestro modelo de redes para poder determinar dónde podemos colocar nuestra acometida, panel principal (figura 2).



Se hace el cálculo de la ruta más corta porque se quiere controlar la caída de voltaje, la distancia es directamente proporcional a la caída de voltaje:

$$e = (2\sqrt{3} / S_{cu} * V^2) * \sum L * P$$

Al controlar la caída de voltaje se puede tener un mejor control del factor de potencia, que trae consigo los siguientes problemas:

#### Problemas por bajo factor de potencia:

1. Mayor consumo de corriente.
2. Aumento de las pérdidas en conductores.
3. Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
4. Incremento de las caídas de voltaje.
5. Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.
6. Incremento de la facturación eléctrica producto de las multas.

Se utilizará una tensión eléctrica de 240 V ya que la frecuencia se encuentra entre 60 hz, que es la sincronización de la cargas. Se trabaja con la ecuación:

$$P = (I * V * F_p * \sqrt{2}) / 1000 \text{ KW}$$

Antes de entrar a la instalación eléctrica se debe de ubicar el local donde se precederá, y definir el tiempo de realización del proyecto, se trabaja con el modelo probabilístico PERT para determinar el tiempo más probable de la instalación del Diseño de la planta y distribución eléctrica.

El proyecto de instalaciones eléctricas consiste en distribuir el tendido eléctrico en toda la empresa, desde iluminación, toma corriente para darle energía a áreas de producción, administración, etc. Se emplearán lámparas fluorescentes: Es aplicada para la iluminación general tanto en locales comerciales como en oficinas. Se instala normalmente a una altura de 3 a 6 mts. Tiene sus ventajas en una buena eficiencia luminosa y por lo tanto de bajo costo funcionamiento. Bueno y óptimo rendimiento cromático, elevada duración de vida media y no tiene limitaciones en cuanto a la posición de funcionamiento. Tiene sus desventajas en que emplea un equipo auxiliar para el arranque, grandes dimensiones, costo mucho mayor que la otra lámpara. Se encuentra el flujo luminoso para encontrar el número de luminarias del área.

Se utilizará **alumbrado general**, porque proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local. El cálculo de iluminación de cada área de la empresa, para determinar el consumo total de la misma y hacer un adecuado balanceo energético:

$$N = F * A / Lu * L1 * L2 * Cu$$

N = número de luminarias necesarias para local F= pie candela requerido por actividad

A = área donde se instalara Lu = lumen de la luminaria

L1, 2 = índice de depreciación Cu= índice de utilización

#### Área de Gestación – Maternidad

$$N = 300 \text{ pies}^2 * 357.52 \text{ m}^2 / 2500 \text{ Lm} * 0.83 * 0.83 * 0.85$$

N= 73 luminarias

Una vez obtenido el número de luminarias se quiere conocer su distribución.

## Diseño y distribución de instalaciones eléctricas...

$$N_{\text{ancho}} = \frac{\sqrt{N \text{ total (ancho/largo)}}}{\sqrt{N \text{ ancho (largo/lancho)}}$$

$$N_{\text{largo}} =$$

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{73 \left(\frac{11.85}{30.17}\right)} = 5.35 \quad N_{\text{largo}} = \sqrt{5.35 \left(\frac{30.17}{11.85}\right)} = 13.62$$

Se distribuyen 5 de ancho por 14 de largo, con esto se pretende calcular cual sería la conexión más barata de instalación del panel a las luminaria. Se utilizará el modelo de transbordo, donde lo breaker son nuestra oferta pura, las luminarias nuestra demanda pura y la caja de derivación nuestros puntos de transbordo, porque sirven como demanda y oferta.

### Área de verracos – Monta – Laboratorio

$$N = 300 \text{ pies}^2 * 475.2 \text{ m}^2 / 2500 \text{ Lm} * 0.83 * 0.83 * 0.85 = 97.38$$

N= 97 luminarias

Distribución de lámparas en el local

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{97 \left(\frac{13.2}{36}\right)} = 5.96 \quad N_{\text{largo}} = \sqrt{5.96 \left(\frac{36}{13.2}\right)} = 16.25$$

### Área de Recría

$$N = 300 \text{ pies}^2 * 287 \text{ m}^2 / 2500 \text{ Lm} * 0.83 * 0.83 * 0.85 = 59$$

N= 59 luminarias

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{59 \left(\frac{8.2}{35}\right)} = 3.7 \quad N_{\text{largo}} = \sqrt{3.7 \left(\frac{35}{8.2}\right)} = 15.79$$

### Área de Engorde

$$N = 300 \text{ pies}^2 * 467.4 \text{ m}^2 / 2500 \text{ Lm} * 0.83 * 0.83 * 0.85 = 95.78$$

N= 96 luminarias

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{96 \left(\frac{8.2}{57}\right)} = 3.71 \quad N_{\text{largo}} = \sqrt{3.71 \left(\frac{57}{8.2}\right)} = 25.78$$

### Área de Bodega

$$N = 300 \text{ pies}^2 * 528 \text{ m}^2 / 2500 \text{ Lm} * 0.83 * 0.83 * 0.85 = 108.2$$

N= 108 luminarias

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{108 \left(\frac{22}{24}\right)} = 9.95 \quad N_{\text{largo}} = \sqrt{9.95 \left(\frac{24}{22}\right)} = 10.85$$

El censo de carga por toma corriente:

Área	Descripción	Potencia (KW)	Energía en KW/hr mes
Bodega	molino	5.97	465.7
Administración	Fotocopiadora 16 CPM	1.2	9.12
	impresora	0.106	0.33
	Caja registradora	0.0084	0.03
	5 computadora de escritorio	3.48	0.35

Una vez que se tiene el consumo total de la empresa (Censo de Carga), y se define si hay que utilizar un transformador o no, se necesita instalar en un lugar estratégico de la empresa y para esto se utiliza el algoritmo de Árbol de expansión mínima para obtener las mínimas distancias y cuidar las caídas de voltaje, también ahorro considerablemente el cableado de la empresa. La potencia total de la empresa es de 45.9394 KW, por lo cual se necesitara un transformador, que estará monitoreado por un panel trifásico tetra filar. Se realiza un estudio para determinar el ciclo de vida del proyecto de instalación y en base a esto se proyecta el financiamiento. Una vez determinado la ubicación del panel principal, que será trifásico tetra filar. (3 conductores con corriente y una para tierra), se realiza el balance energético del panel principal y los sub paneles de la empresa. El balance de la empresa tiene que estar sujeto a lo que indica la CIEN y los Bombero.

### Calculo de las caídas de tensión

$$e = (2\sqrt{3} / S_{cu} * V^2) * \sum L * P$$

Seleccionar conductores eléctricos y dispositivos de protección en base a las corrientes eléctricas determinas tanto de forma general como específicas, se determinan los conductores eléctricos y los dispositivos de protección (breakes):

- 6.1- Acometida a transformadores.
- 6.2- Transformadores a paneles principales.
- 6.3- Paneles principales a sub-paneles.
- 6.4- Sub-paneles a tomas e interruptores.

### Amperaje por calibre eléctrico

Se debe tener una referencia en capacidad de amperios por línea o por calibre a utilizarse para futuras ampliaciones o mejoras eléctricas de cualquier área de trabajo, para ello a continuación se describe la capacidad de los conductos, descubiertos y con protección tanta para conductores de aluminio y cobre. Uno de los aspectos económico es la optimización de recursos, en el mercado los calibres tienen diferentes alto costos de adquisición y se debe conocer las condiciones de operación o la capacidad instalada en la distribución eléctrica, en el momento de adquisición, se debe seleccionar de acuerdo a las necesidades de operación con un margen de carga como

### Dispositivos de protección

Los sistema eléctricos en edificios, deben de poseer dispositivos de protección como Interruptores magneto térmicos, interruptor general automático e interruptor diferencial, para garantizar el funcionamiento seguro de los equipos consumidores de energía en las instalaciones. La capacidad de corriente nominal del breaker no debe ser superior a la capacidad de corriente del conductor. Uno de los aspectos económico es la optimización de recursos, en el mercado los calibres tienen diferentes alto costos de adquisición y se debe conocer las condiciones de operación o la capacidad instalada en la distribución eléctrica, en el momento de adquisición, se debe seleccionar de acuerdo a las necesidades de operación con un margen de carga como

### Dispositivos de protección

Los sistema eléctricos en edificios, deben de poseer dispositivos de protección como Interruptores magneto térmicos, interruptor general automático e interruptor diferencial, para garantizar el funcionamiento seguro de los equipos consumidores de energía en las instalaciones. La capacidad de

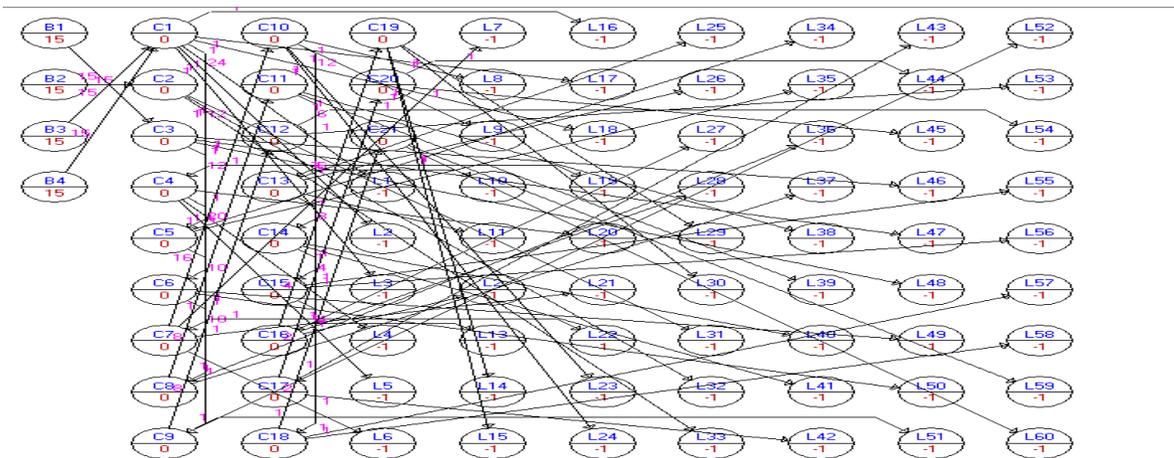
## Diseño y distribución de instalaciones eléctricas...

corriente nominal del breaker no debe ser superior a la capacidad de corriente del conductor. Una vez obtenido el balance energético de la empresa se prosigue a la instalación interna, aquí comienza la segunda parte del modelo, se realizara por medio del algoritmo de transbordo.

### Descripción

Los breaker del panel son la oferta pura, las luminarias y tomas son nuestra demanda pura y las cajas de derivación (donde se hacen las conexiones en serie, paralelas, mixtas) son nuestros nodos de transbordo, ya que estos reciben y mandan. Se describe el modelo de transbordo para un área de la empresa, que es el mismo procedimiento de las demás áreas. El modelo describe la solución óptima de instalación, para disminuir el cableado que se utilizara, reduciendo considerablemente los costos de instalación a la empresa. El costo por metro del cable calibre 14 AWG es C\$ 7.5 por tanto, nos ayuda a determinar el presupuesto por instalación, que sería de C\$ 8392.2. El grafico arrojado por el programa WinQSb nos refleja la secuencia de instalación a seguir.

Descripción de instalación: del panel a las cajas de derivación, de las cajas a los tomas y a las lámparas



### CONCLUSIONES

Se creó el sistema más adecuado posible con la ayuda de los algoritmos de redes, realizamos el respectivo censo de carga y su debido balance energético, gracias a todas estas herramientas que contribuyeron y a la aplicación de la investigación de operaciones se logró la reducción de costos, evitando el desperdicio de cable y de dinero, reduciendo las caídas de voltajes y evitando multas.

Determinamos el tipo de breaker a utilizar y las secciones de conductores a colocar, se balanceo el sistema eléctrico adecuadamente, ubicamos el número de luminarias por cada área y se utilizó el método de iluminación general. El cálculo de la capacidad del banco de transformadores para balancear el bajo factor de potencia y el balanceo tarifario.

### BIBLIOGRAFÍA

Investigación de operaciones, taha

Diseño de instalaciones eléctricas, Gilberto Harper

Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales, Enrique Harper & Gilberto Harper

Técnico en mantenimiento, electricidad industrial, Fundación Victoria.