



Universidad Nacional de La Pampa
Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electromecánica

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Título: “Evaluación y Optimización del proceso productivo y las instalaciones de una planta industrial”

Empresa: Antar SA

Tutor por parte de la facultad: Ing. Raúl Vicente Giri

Tutor por parte de la empresa: Méd. Vet. Alberto Giorgis

Autor del trabajo final integrador: Alejandro David Mandrile

General Pico, 20 de Diciembre de 2010

Índice

Introducción.....	Pág. 1
Memoria Descriptiva.....	Pág. 2
Objetivo General.....	Pág. 2
Objetivos Específicos para la optimización del proceso.....	Pág. 2
Plan de trabajo.....	Pág. 2
Descripción de la empresa.....	Pág. 3
La función de producción.....	Pág. 4
Relevamiento de las instalaciones y diagrama de flujo.....	Pág. 6
Etapas del proceso, medios de transporte y almacenamientos.....	Pág. 8
Instalación Eléctrica.....	Pág. 11
Memoria Técnica, Instalación Eléctrica.....	Pág. 12
Transformador.....	Pág. 12
Tablero Principal.....	Pág. 12
Circuito Seccional General.....	Pág. 13
Tablero Seccional General.....	Pág. 13
Circuitos Seccionales.....	Pág. 13
Circuitos Terminales.....	Pág. 14
Tableros Seccionales.....	Pág. 14
Tableros.....	Pág. 15
Tableros para tomacorrientes industriales.....	Pág. 15
Canalizaciones.....	Pág. 15
Sistema de puesta a tierra.....	Pág. 16
Iluminación.....	Pág. 17
Descripción de los motores por tableros.....	Pág. 18
Memoria de Cálculo, Instalación Eléctrica.....	Pág. 20
Descripción de los circuitos por tablero.....	Pág. 20
Cálculo de conductores.....	Pág. 23
Cálculo de luminarias.....	Pág. 45
Cálculo de tableros.....	Pág. 48
Canalizaciones.....	Pág. 53
Barras de distribución.....	Pág. 57
Cómputo y especificación de materiales.....	Pág. 60
Evaluación y optimización del proceso productivo.....	Pág. 64
Evaluación del proceso y sugerencias para su optimización.....	Pág. 64
Análisis de los tiempos.....	Pág. 65
Solución.....	Pág. 65
Evaluación de la solución planteada.....	Pág. 66
Sistema seleccionado.....	Pág. 67
Descripción del sistema.....	Pág. 67
Cálculo del sistema de transporte.....	Pág. 68
Presupuesto.....	Pág. 73
Análisis económico.....	Pág. 74
Análisis marginal.....	Pág. 74
Segunda modificación.....	Pág. 76
Conclusiones.....	Pág. 79
Bibliografía.....	Pág. 80
Planos.....	Pág. 81

Introducción

El presente documento constituye el trabajo final integrador de la carrera Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa. El mismo debe asegurar la integración de los contenidos percibidos a lo largo de la carrera, haciendo uso de los conocimientos adquiridos en las áreas eléctrica y mecánica, por lo cual este trabajo incluye nociones de materias como Dibujo II, Instalaciones Industriales I y II, Organización Industrial, Medidas Eléctricas y Economía.

Consiste en la evaluación y optimización del proceso productivo y las instalaciones de una planta industrial. Dicha entidad se denomina Antar SA, cuya planta productiva está instalada en el parque industrial de nuestra ciudad.

La empresa se dedica a la producción de alimentos balanceados, concentrados proteicos y núcleos minerales vitamínicos, que comercializan con productores agropecuarios de la zona para la alimentación y nutrición de aves, cerdos y principalmente novillos, productos que surgen de distintas composiciones de materias primas. La máxima capacidad productiva de la planta, suponiendo las condiciones más favorables, es de $6000 \frac{kg}{h}$, y se produce a lo largo de las 24 horas del día, para lo cual cuentan con una amplia plantilla de empleados que se encargan de cumplir las funciones de producción, control y mantenimiento, trabajando en turnos de 8 horas diarias. El producto final puede ser vendido a granel o embolsados.

La necesidad, por parte de la empresa, de realizar una evaluación surge de la falta de información que se tiene acerca del proceso productivo de los distintos productos, pues las empresas proveedoras de la tecnología detallan las capacidades de las máquinas que venden de acuerdo a las condiciones más favorables, mientras que en el proceso real y según las características de las materias primas utilizada los resultados pueden tener diferencias significativas. Esta problemática acarrea otra necesidad, que es la de mejorar el proceso de producción con el objetivo de optimizar la planta, lo cual se logrará haciendo reformas sobre las instalaciones eléctricas y mecánicas de la misma.

MEMORIA DESCRIPTIVA

Objetivo General

El objetivo del proyecto es la optimización de la planta y el proceso productivo de la empresa Antar SA. Este fin podría lograrse a través de la adquisición de nuevas maquinarias o herramientas, pero sabiendo que todo proceso es factible de ser mejorado sin incurrir en una elevada inversión, la intención es evaluar el estado actual y encontrar soluciones o modificaciones utilizando los recursos disponibles.

De esta forma, para el desarrollo de la parte mecánica, se tendrán en cuenta y se evaluarán distintos aspectos como pueden ser el rendimiento de las máquinas, la eficiencia con que los recursos son aprovechados, la disposición de los recursos en el espacio disponible, con el fin de conseguir una mayor velocidad en el funcionamiento de las distintas etapas de producción y lograr un proceso de mayor continuidad, para obtener una capacidad productiva superior a la actual, manteniendo o mejorando la calidad de los productos. Respecto al desarrollo de la parte eléctrica, se evaluarán los distintos elementos que forman la instalación, teniendo en cuenta el cableado, los tableros, canalizaciones y elementos de protección, con el fin de conseguir y desarrollar una instalación que cumplan con las normativas vigentes, tanto para el correcto funcionamiento del proceso como para la seguridad de los empleados.

Objetivos Específicos para la optimización del proceso

- * Determinación de la capacidad real de producción
- * Evaluación de los puntos críticos
- * Planteo de soluciones técnicas
- * Evaluación económica de las soluciones planteadas

Plan de trabajo

Para cumplir con el objetivo propuesto, es decir la optimización de la planta y de los procesos, en primer lugar se realizará una evaluación técnica y mecánica sobre las instalaciones de la misma y sobre el proceso productivo, para conocer el estado actual, comparando el flujo para un determinado producto con las capacidades teóricas del proceso en general y de las distintas etapas en particular, para determinar la capacidad real de la planta respecto al producto. En segundo lugar se plantearán correcciones, modificaciones o soluciones a problemas existentes, con el fin de mejorar la producción y el sistema productivo. Y por último se verificará la conveniencia o no de los cambios propuestos, es decir si de esta forma se puede alcanzar la optimización del proceso.

Con el fin de conseguir el primer paso se realizará un diagnóstico que consiste en:

- * Descripción del Proceso
- * Relevamiento de la unidad productiva
- * Diagrama de flujo
- * Disposición de las instalaciones
- * Capacidad teórica de la planta
- * Consumo de las maquinarias
- * Especificaciones técnicas de las maquinarias
- * Métodos y equipos para el transporte de materiales
- * Tiempos dedicados a la transformación del producto y al acarreo de los materiales
- * Producción final

Ante dicho propósito se determinará el método a seguir:

- * Establecer unidades de medida
- * Definir el método a usar para medir
- * Formular las ecuaciones necesarias para realizar diversos cálculos
- * Hallar parámetros teóricos para comparar

Descripción de la empresa

Antar SA es una empresa del rubro agroindustria creada en el año 1996, radicada en el Parque Industrial de General Pico, en la Colectora La Gioiosa N° 166, y dedicada a la fabricación y comercialización de alimentos para la nutrición de animales.

La empresa se ubicó en el parque industrial debido a los beneficios que posee esta zona, en cuanto a la prestación de servicios y a la amplia disposición de terrenos, donde cuenta con una superficie de aproximadamente $11500 m^2$ para el desarrollo de su actividad.

En este predio dispone de un edificio principal que puede ser dividido en dos partes, la primera es un sector de oficinas que ocupa un espacio de $86,5 m^2$, mientras que la segunda es el sector destinado a cumplir con el proceso productivo y para almacenar tanto materia prima como productos terminados, que emplea un área de $424 m^2$. A un costado del edificio dispone además, de una sala de máquinas de $16 m^2$ y más alejado un pequeño galpón de $25 m^2$ que se utiliza para guardar diversas herramientas y como taller de reparación de los equipos. Por último, la empresa concluyó este año con la ampliación de sus instalaciones para aumentar la capacidad productiva, mediante la incorporación de una planta, cuyo edificio ocupa un área de $656 m^2$.

La porción más pequeña del edificio principal, es la destinada a la atención al público y a la administración, donde la empresa cuenta con cuatro oficinas, un hall de entrada para recibir los clientes y proveedores, un baño y un lugar de descanso con cocina.

El otro sector corresponde al tinglado donde se lleva a cabo la producción, el cual no solo contiene las máquinas correspondientes sino que también funciona como depósito. Este espacio está dividido en tres porciones: el sector de elaboración, el sector de productos terminados y el sector de producción. En el interior de la planta se almacenan insumos y minerales, el núcleo mineral vitamínico, que surge de la mezcla de los minerales, y los productos terminados, tanto los balanceados como concentrados. A su vez, en el mismo lugar funcionan, por un lado, una mezcladora junto a una embolsadora para la fabricación del núcleo mineral, y por otro lado una balanza, una moledora, una mezcladora, dos embolsadoras y una pelleteadora para la producción de los otros dos tipos de bienes. Este sector se completa con una división para la sala de máquinas, la cual contiene un compresor y la caldera y otras dos divisiones, una de ellas que sirve para el descanso de los operarios y la restante es el baño.

Para el ingreso y egreso de materiales, la planta posee un camino a un lado del edificio por donde pueden circular camiones, mientras que el galpón cuenta con un portón corredizo que permite la descarga de materias primas y la carga de productos terminados, mientras que por el mismo camino se encuentran cuatro silos aéreos para abastecer los transportes de balanceados a granel. Para los cereales y derivados industriales, también hay una amplia zona de descarga para facilitar el ingreso de camiones de las empresas proveedoras, donde además se ubican los seis silos para almacenar la materia prima allí descargada.

Debido a la zona de influencia y a las exigencias de los clientes, Antar se dedica principalmente a la producción de alimentos para novillos, mientras que en menor medida se produce para pollos y cerdos ya que la región no cuenta con grandes productores.

Para abastecer las demandas del mercado, la empresa cuenta con productos que se adaptan a las distintas necesidades de productores ganaderos, las cuales no solo dependen del tipo de animal o del tiempo de vida del mismo, sino que las necesidades están fuertemente ligadas a la época del año y principalmente al nivel de tecnología con que cuenta cada cliente, lo que afectará al nivel de elaboración que requieran del producto terminado. Para esto, la empresa fabrica un núcleo mineral vitamínico que es destinado a la venta para productores con la capacidad de crear sus propios alimentos balanceados, los cuales deben poseer las máquinas correspondientes para finalizar el proceso, o como materia prima para el propio proceso de fabricación. Luego, los productos con mayor demanda son los concentrados proteicos, que solo requieren la adición del cereal por parte del productor. Por último, los productos que necesitan una elaboración más compleja y que por lo tanto son los de mayor costo, son los alimentos balanceados, los cuales no requieren de ningún paso posterior y deben ser ingeridos directamente por los animales.

La función de producción

La función de producción hace referencia a un proceso que consiste en la adquisición de recursos, su transformación y entrega de valor, y la obtención del producto deseado.

El proceso comienza con la incorporación de la materia prima.

En esta primera etapa, los camiones de las empresas proveedoras descargan las macro materias primas a granel en una tolva ubicada en el exterior, junto a los silos, y lo más alejada posible del edificio debido a la generación de polvo que surge de la descarga. Luego, a partir de la tolva, los distintos materiales son distribuidos según corresponda, para ser almacenados en seis silos de igual tamaño, uno de ellos se usa para maíz, uno para pellet de soja, uno para sorgo, otro para pellet de girasol y los dos restantes para el afrechillo de trigo, utilizando uno de ellos como pulmón.

Las micro materias primas llegan embolsadas y son descargadas directamente en el depósito dentro del edificio, donde se apilan hasta ser utilizadas. Estas pueden diferenciarse en dos tipos de acuerdo a la forma en que ingresan al proceso de transformación, entonces por un lado se tiene la urea y algunas vitaminas que se introducen sin modificaciones a las maquinarias y por otro lado una serie de componentes que requieren un paso previo antes de ingresar al proceso productivo, pues son mezclados para formar el núcleo mineral vitamínico, el cual es embolsado, y servirá como materia prima y además como producto para la venta.



Otro de los recursos necesarios es la mano de obra, y en este rubro la empresa cuenta con más de veinte empleados, que cumplen con las tareas de producción, de coordinación y liderazgo, limpieza y administración.

Para completar esta primera etapa, deben mencionarse otros recursos como la energía eléctrica, indispensable para el funcionamiento de todas las máquinas y transporte de materiales así como para la iluminación de la planta, el agua que es extraída de un pozo y se la utiliza para el funcionamiento de la caldera, y por último el agua potable y el gas en baja presión para fines no relacionados a la elaboración del producto y que se utilizan tanto para el baño como para la cocina.

El proceso continúa con la elaboración del producto.

Dicho proceso es distinto si el bien fabricado es pelleteado o solo mezclado, siendo la diferencia que el primero consta de un paso más en el cual adopta una forma y consistencia distinta al segundo. A su vez existe otra importante distinción que tiene que ver con la concentración del núcleo mineral que se añade, entonces a mayor proporción se obtiene un concentrado proteico mientras que si la ración es menor se produce un alimento balanceado. Por otro lado, hay que tener en cuenta que estos productos presentan considerables variedades, ya que dependen de las distintas combinaciones de las materias primas que se incorporan al proceso, de acuerdo a los requisitos nutricionales de cada animal y de cada etapa de su desarrollo.

Sin importar el producto que se obtenga, el primer paso consiste en el pesaje y dosificado que se logra en una balanza digital, en la cual ingresa materia prima proveniente de los silos exteriores e insumos del depósito; dichos componentes se pesan en forma acumulativa y el dosificado consiste en permitir el ingreso de las correspondientes materias primas en las proporciones adecuadas, de acuerdo a una tabla confeccionada por el nutricionista. Seguidamente, el conjunto de componentes es dirigido hacia la moledora donde el objetivo es unificar el tamaño de los granos. A medida que se va efectuando la molienda, la materia es transportada a la tolva de la mezcladora y de allí a la máquina misma. En este paso se efectúa el agregado del núcleo mineral vitamínico, que fue elaborado previamente, y otros agregados según corresponda, que se mezclarán junto a la demás materia prima.



Para uno de los tipos de productos, luego de la mezcla finaliza el proceso de transformación, obteniéndose un polvo cuya consistencia dificulta la alimentación al aire libre, por lo que se lo utiliza principalmente para aves en espacios cerrados.

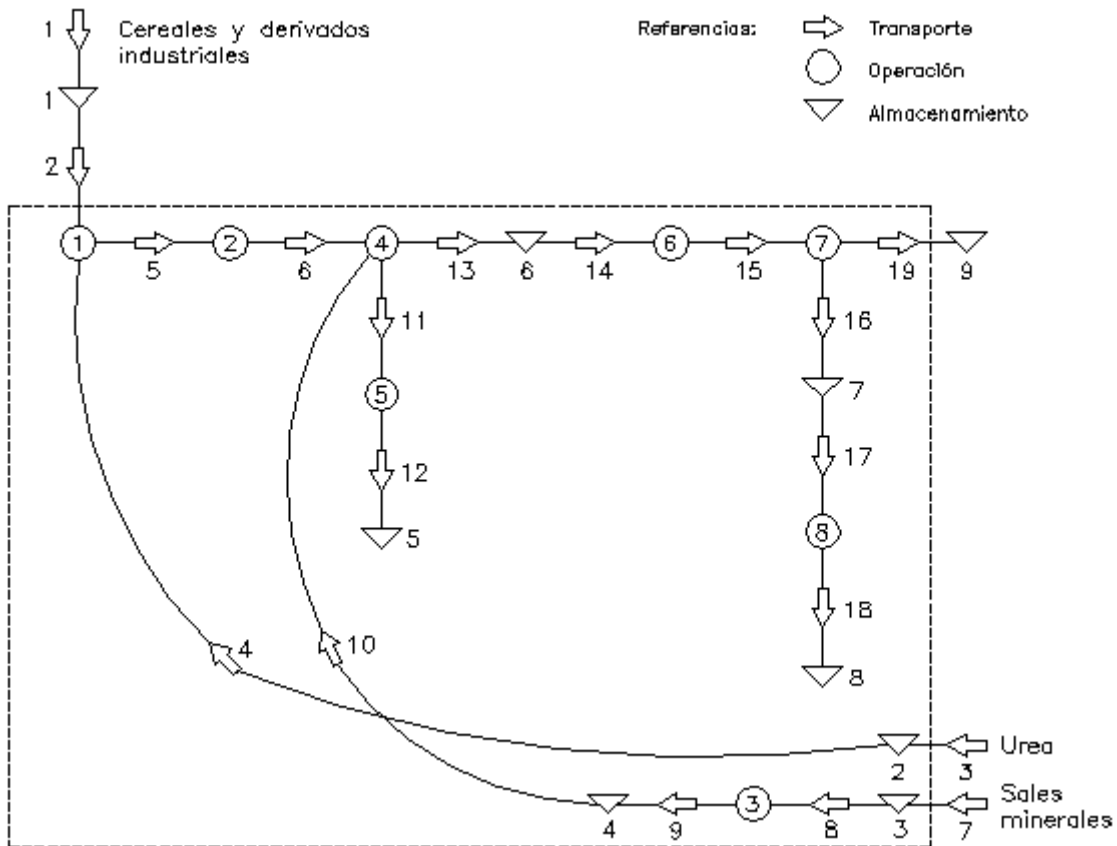
Respecto a la otra posibilidad, es necesaria una etapa adicional para acondicionar y compactar el alimento, donde toma una forma de bastoncito denominada pellet. Para lograrlo, la mezcla se acondiciona con vapor saturado seco, paso en el cual se eleva la temperatura, para facilitar la siguiente fase que consiste en pasar por dos rodillos que presionan la mezcla contra una matriz que le da la forma final. Por último, los pellets pasan por el enfriador de contraflujo, donde una corriente de aire frío en sentido contrario a la caída de este extrae el calor adquirido en el acondicionador y les brinda la temperatura requerida para evitar la formación de hongos.

El último paso del proceso es la obtención del producto terminado y su almacenaje.

Continuando con la diferenciación, el alimento en polvo, luego de ser mezclado es inmediatamente embolsado en una máquina embolsadora ubicada por debajo de la mezcladora. Una vez embolsados, permanecen en el depósito hasta ser vendidos.

Para el caso de los pelleteados, el producto puede tomar dos caminos de acuerdo a la forma en la que se venda. El primero consiste en la venta a granel, para lo cual la empresa cuenta con cuatro silos aéreos fuera del tinglado para permitir el llenado de camiones. El segundo consiste en embolsar el pelleteado en otra embolsadora, para luego ser guardado en el depósito.

Relevamiento de las instalaciones y diagrama de flujo



El recuadro simboliza el galpón, pero el esquema es meramente ilustrativo y no representa la distribución interna de la planta.

Referencias:

Almacenamiento 1, 6, 7, 9:

Silos.

Almacenamiento 2, 3, 4, 5, 8:

Depósito.

Operación 1:

Pesaje y dosificado de las materias primas en la balanza.

Operación 2:

Unificación del tamaño de los granos en la molidora.

Operación 3:

Mezclado de sales en la mezcladora 1 y embolsado del núcleo mineral en la embolsadora 1.

Operación 4:

Mezclado en la mezcladora 2.

Operación 5:

Empaquetado del concentrado en embolsadora 2.

Operación 6:

Pelleteado del alimento balanceado en la pelleteadora.

Operación 7:

Acondicionamiento del balanceado en el enfriador.

Operación 8:

Empaquetado del balanceado en embolsadora neumática.

Transporte 1:

Ascenso por rosca helicoidal inclinada y elevador a cangilones y descenso y distribución por gravedad a través de tubos.

Transporte 2:

Acarreo formado por roscas helicoidales horizontales e inclinadas.

Transporte 3:

Descarga por medio de cinta transportadora y luego acarreo manual.

Transporte 4:

Acarreo manual seguido de elevación mediante chimango.

Transporte 5:

Ascenso mediante elevador a cangilones.

Transporte 6:

Ascenso mediante elevador a cangilones

Transporte 7:

Descarga por medio de cinta transportadora y luego acarreo manual.

Transporte 8:

Acarreo manual seguido de elevación mediante chimango.

Transporte 9:

Acarreo manual.

Transporte 10:

Acarreo manual.

Transporte 11:

Descenso por gravedad.

Transporte 12:

Acarreo manual.

Transporte 13:

Rosca helicoidal horizontal y ascenso a través de una noria.

Transporte 14:

Descenso por gravedad.

Transporte 15:

Descenso por gravedad.

Transporte 16:

Desplazamiento mediante rosca helicoidal horizontal, ascenso por una noria y descenso por gravedad a través de tubos.

Transporte 17:

Descenso por gravedad.

Transporte 18:

Desplazamiento por cinta transportadora.

Transporte 19:

Desplazamiento mediante rosca helicoidal horizontal, ascenso por una noria, descenso por gravedad a través de tubos y desplazamiento y distribución en una rosca horizontal.

Etapas del proceso, medios de transportes y almacenamientos

Almacenamiento exterior

Las macro materias primas son almacenadas en los seis silos ubicados a un lado del edificio siendo todos del mismo tamaño con una capacidad de 90000 kg de maíz. Si bien esta unidad de medida no es aceptable o convencional, es la que se usa habitualmente entre los empleados y entre las empresas proveedoras de los equipos; considerando que la densidad del maíz es aproximadamente 700 kg/m³, el volumen de los silos es 128,6 m³. Los silos están numerados del 1 al 6, siendo el 1 y 2 los más cercanos a la planta, mientras que el 5 y 6 los más alejados, y la distribución viene dada de la siguiente manera: el silo número 1 contiene maíz, el 2 pellet de soja, el 3 y el 5 afrechillo de trigo, el 4 sorgo y el 6 pellet de girasol.



Los cereales y derivados industriales son descargados en una tolva ubicada por debajo del nivel del piso, la cual contiene en su interior una rosca helicoidal inclinada que eleva los materiales hasta la tolva de una noria. Esta asciende a una altura superior a la de los silos y descarga los baldes en un compartimiento, con seis tubos de salidas, el cual es comandado desde abajo y cuya función es distribuir los elementos en los silos que corresponda.

A partir de los silos, un conjunto de roscas helicoidales transportan los insumos hasta el primer paso del proceso de transformación. El único silo que no dirige su contenido a la balanza es el 5, que funciona como pulmón del silo 3, el cual presenta una rosca desde la base que acarrea el afrechillo hacia la tolva de la noria para luego desembocar en el silo 3. El silo 6 tiene una rosca horizontal de 15 m que parte desde la base del mismo, mientras que el silo 2, para extraer la soja, posee una pequeña rosca horizontal en uno de sus lados seguido de un conducto de medio metro para descender a nivel del suelo; ambas materias primas, llegado al punto mencionado, comparten una rosca inclinada que alcanza la tolva de la balanza. El silo 1 dispone de una rosca inclinada que parte desde la base y desemboca directamente en la balanza. Por último, los silos 3 y 4 tienen en sus bases una rosca inclinada, que asciende hasta un compartimiento común a ambas y que posee una rosca inclinada de 7 m de longitud que se eleva hasta la balanza.

Almacenamiento interior



Las micro materias primas arriban embolsadas y son descargadas, desde los camiones de las empresas proveedoras, directamente en el depósito, en el sector de elaboración, para lo cual cuentan con una cinta transportadora portátil. Luego los empleados acarrear manualmente las bolsas para distribuir las en el sector correspondiente, ya que cada insumo dispone de una porción del depósito para ser apilado.

Las materias primas que allí se almacenan son: vitaminas, selenito de sodio al 1%, sulfato de cobalto, iodato de calcio, monensina, azufre, óxido de manganeso, sales aniónicas, sulfato de cobre, sulfato ferroso, óxido zinc, óxido de magnesio, fosfato monobásico, urea, pellet de soja carbonato de calcio, afrechillo, poroto de soja desactivado, cloruro de sodio, ceniza de hueso molido y avena.

Elaboración del núcleo mineral vitamínico

Las máquinas utilizadas para la fabricación del núcleo se encuentran en el sector de elaboración, en el mismo lugar donde se almacenan las micro materias primas que forman parte de este proceso.

Dichos insumos son acarreados manualmente hasta la tolva de un chimango que cumple la función de elevar los materiales hacia la mezcladora. Una vez terminado el proceso de mezclado, el producto cae por una tolva y en su parte inferior es recolectado por otro chimango que lo asciende hasta la tolva de una máquina embolsadora. Luego, las bolsas con el núcleo son llevadas manualmente y acomodadas por los operarios en el mismo sector.



Elaboración del concentrado proteico y el alimento balanceado

El proceso comienza con el pesaje y dosificación, para lo cual un operario a través de un sistema automatizado permite el acceso de las materias primas que correspondan al producto a elaborarse, en las medidas adecuadas. De esta forma desembocan en la balanza los insumos de las tres roscas helicoidales provenientes del exterior y se agrega la urea, que es acarreada por un obrero, depositada en la tolva de un chimango y elevado por la rosca de este.

Una vez concluido el pesaje, los materiales caen en la parte más baja de una noria, donde son alzados hasta la tolva de la moledora, para luego pasar por el proceso de la molienda.

Luego de la unificación del tamaño de los granos, los mismos son transportados un pequeño recorrido a través de una rosca helicoidal horizontal con el fin de alcanzar otro elevador a cangilones, el cual remonta los granos hacia la tolva de la mezcladora. Al mismo tiempo se halla otro chimango con tolva para la adición de insumos, y en esta fase del proceso el núcleo mineral vitamínico es añadido por el operario directamente en la máquina.

La mezcladora tiene dos bocas de salida, comandadas por un operario. Una de ellas corresponde al sistema de embolsado en donde la mezcla cae por gravedad directamente en las bolsas, siendo el mismo operario quien se encarga de manejar la máquina, controlando que el peso sea el estipulado.

Si el producto es un pelleteado, la mezcla cae por gravedad a través de la salida restante, vaciando la mezcladora en el comienzo de una rosca helicoidal horizontal de 5 m, continuando su recorrido hasta una noria que eleva el contenido por encima del tinglado para verterlo en un tubo que desemboca en el silo de la prensa pelleteadora que tiene una capacidad para 8000 kg. Luego desciende por gravedad hasta una pequeña rosca helicoidal horizontal que transporta la mezcla 1 m para volver a caer por gravedad en otra rosca horizontal, en donde se llevará a cabo el proceso de acondicionamiento que consiste en la adición de vapor saturado seco a la mezcla; la carcasa de dicha rosca tiene incorporado cuatro rociadores conectados a la caldera, los cuales son maniobrados manualmente por un operario, por lo que a medida que el producto avanza se le agrega vapor para incrementar la temperatura, o agua en caso de que el aumento sea sobrado. Al final del trayecto, la mezcla calentada cae nuevamente por gravedad y una pequeña rosca la impulsa hacia la prensa de pelleteado. Una vez que los pellets son formados caen por gravedad en el enfriador de contraflujo.

Depósito y salida del producto terminado

El producto mezclado y embolsado es apilado sobre un pallet de madera, para lo cual el operario cuenta con un hombreador, que consiste en un elevador eléctrico que permite levantar la bolsa por encima del hombro evitando la sobrecarga muscular, para luego transportar diez bolsas de 50 kg, mediante una zorra hidráulica, hacia el sector de productos terminados donde son apilados. Luego, al momento de la venta, se utiliza la misma cinta transportadora que fue mencionada previamente, para la carga de los camiones que se efectúa a un lado del edificio.



El alimento pelleteado, cuando termina el proceso de enfriado, desciende hasta una rosca helicoidal horizontal que los transporta a un elevador a cangilones, que se remonta por encima del edificio y cuenta con un distribuidor de dos salidas: una se dirige al exterior del edificio y la otra vuelve al interior.



En el primer caso, un tubo deja caer los pellets en una rosca helicoidal horizontal, la cual recorre las bocas superiores de los cuatro silos aéreos y el producto es introducido en el silo correspondiente, generando un stock que está disponible para la venta a granel. Por debajo de los silos se aprecia un camino de tierra que es el utilizado por los camiones para cargar el producto a granel.

En el segundo caso, otro tubo desemboca en un silo con capacidad para 10000 kg debajo del cual se encuentra una embolsadora que es operada manualmente, pero con cierre neumático. La misma dispone de una cinta transportadora para permitir la continuidad en el llenado y las bolsas son acarreadas de la misma manera que se explicó anteriormente, es decir que son elevadas por el hombreador, luego apiladas sobre el pallet y transportadas por el empleado mediante la zorra hidráulica, hasta el depósito donde son apiladas, para luego recibir la salida por el mismo lugar y a través de la misma cinta transportadora que los alimentos mezclados.



Instalación Eléctrica

De la evaluación de las instalaciones se puede decir que la mayor parte no cumple con las exigencias de la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina, y tampoco las Normas IRAM. Uno de los puntos a tener en cuenta es que el sistema de cableado y de canalizaciones no responde a ningún cálculo por lo que los circuitos no están verificados respecto a parámetros teóricos o normas, la elección del tipo de cable que se usa no es la correcta, como tampoco lo es el tipo de luminarias, pues parte de la planta es iluminada por tubos fluorescentes lo cual no está permitido por la Reglamentación y supone además un riesgo para los trabajadores, y también presentan fallas en el uso inadecuado de las bandejas portacables, sobre las cuales no hay control de la disposición de los cables, así como tampoco de las bajadas de los cables desde las bandejas hacia los motores y tableros.

Por estas razones se decide implementar una nueva instalación eléctrica desarrollando los cálculos correspondientes de las distintas partes para obtener una instalación segura, cumpliendo con la Reglamentación y las Normas IRAM.

A continuación se describe la instalación eléctrica, con las modificaciones realizadas y también con las partes o disposiciones que no sufrieron alteraciones:

Debido al alto grado de consumo de energía eléctrica, la empresa cuenta dentro de sus instalaciones con un transformador 13200/400-240V de 400 kVA, el cual es utilizado para alimentar todos los circuitos y artefactos eléctricos. El transformador se ubica en una sala junto al tablero principal de baja tensión (TP) y dicha fuente se conecta al tablero mediante los conductores del circuito principal (CP).

Cuatro líneas parten del tablero principal y una de ellas es la encargada de suministrar la energía al edificio en cuestión. Desde el TP se alimenta el tablero seccional general (TSG) ubicado en el interior de la planta, en el sector de producción de alimento, a través de dos cables tetrapolares y dos conductores unipolares de protección eléctrica, subterráneos en paralelo, que representan el circuito seccional general (CSG). Al arribar a la planta, los cables se conectan al interruptor termomagnético de cabecera del TSG y luego a un sistema de barras de distribución.

El TSG alimenta los siete tableros seccionales, el tablero seccional 1 (TS1) ubicado en el exterior en el sector de almacenaje de materias primas, los tableros seccionales 2, 3 y 7 (TS2, TS3 y TS7) ubicados en el sector de producción, el TS4 ubicado en la sala de máquinas, el TS5 en el sector de elaboración y el TS6 en el sector de productos terminados, conectados mediante cables tetrapolares que forman los circuitos seccionales. Además alimenta distintos circuitos de carga única (ACUi), que permiten el funcionamiento de los motores de las máquinas destinadas a producir en las cercanías del tablero, un circuito de tomacorrientes de uso especial y un circuito TUG destinado a la conexión de las luces de emergencia.

El TSG y los TS presentan una primera protección general que interrumpe la alimentación de todos los circuitos y seguido de esta, cada circuito terminal posee su propio interruptor termomagnético, sumado a que todos los circuitos de carga única tienen un contactor y sus respectivos relevos térmicos, que incrementan la seguridad. Además, los motores de potencias inferiores a 1 HP y los circuitos de tomacorrientes e iluminación tienen interruptores diferenciales de 30 mA.

Los conductores de circuitos seccionales y terminales son canalizados por bandejas portacables y caños, con excepción del circuito principal (CP) que no está canalizado y el CSG que alimenta el TSG que es subterráneo.

La iluminación en el edificio consta de dos partes: una externa y otra interna. La primera incluye 12 lámparas mezcladoras de 250 W que se ubican en la periferia de la planta y un reflector con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400 W, mientras que la segunda comprende tanto las luminarias que sirven para la iluminación general del edificio como aquellas que cubren un sector particular de la producción. Para completar la iluminación cabe destacar el uso de las luces de emergencia en la planta, que son redistribuidas y colocadas en cada una de las salidas, puertas que comunican sectores y sobre el TSG. La disposición de las luminarias se efectúa en el plano de iluminación 02-10.

MEMORIA TÉCNICA
INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Descripción de las partes que intervienen

Transformador

La energía eléctrica que alimenta la planta es tomada de un transformador trifásico hermético de llenado integral de la marca VASILE, de servicio continuo y frecuencia de 50 Hz. En el primario recibe una tensión de 13200 V, a una corriente nominal de 17,5 A, mientras que en el secundario se obtiene una tensión de 400 V, a una corriente nominal de 577,4 A.

El lado primario toma las tres fases directamente de la red de distribución en media tensión. La bajada se realiza en un poste ubicado en la periferia del predio, sin la interrupción de los cables y por lo tanto sin protecciones. Los mismos llegan al transformador bajo tierra.

Del lado del secundario parten las tres fases en baja tensión, en donde se toman dos cables en paralelo por cada una de las fases, e ingresan junto al neutro en el tablero principal, ubicado en el mismo recinto del transformador a dos metros del mismo. De esta forma el Circuito Principal (CP) tiene una longitud de 6 m, recorrido mediante conductores de cobre de $2 \times (4 \times (1 \times 95 \text{ mm}^2))$ según norma IRAM 2178 con aislación de XLPE.

La medición de la energía eléctrica se efectúa en un gabinete ubicado a dos metros del transformador, midiendo en baja tensión.



Tablero Principal

La primera protección que posee el tablero es una llave de accionamiento manual para la interrupción de las líneas de baja tensión. A continuación las mismas se dividen en cuatro circuitos seccionales y cada uno está protegido por tres fusibles, uno por cada fase, ubicados en sus correspondientes portafusibles.

A las protecciones del tablero se le anexa en paralelo una protección contra sobretensiones transitorias. Debido a que la instalación no posee pararrayos se elige un limitador de sobretensiones de clase II para un nivel de riesgo medio, dispositivo que recibe la denominación de QUICK PRD 40r de 40kA de corriente máxima, el cual para una corriente de cortocircuito de $I_{kTP}'' = 13630 \text{ A}$ incluye un interruptor automático C60H de 40A mas un limitador PF 40/ PRD 40r.

A partir de aquí los circuitos parten del TP para suministrar energía eléctrica al sistema. Uno de ellos se dirige hacia la prensa pellettera de la planta nueva, otro para abastecer el resto de dicha planta, el tercero para un pequeño tablero de comando y el taller de las herramientas y por último, el que nos interesa, que es el que transporta la energía eléctrica hacia el edificio en el cual se realiza el trabajo.



Circuito Seccional General

El circuito que alimenta la planta une el Tablero Principal con el Tablero Seccional General (TSG), tiene una longitud de 65 m y está protegido por tres seccionadores fusibles NH 02 gL/gG con capacidad de ruptura de 200 kA y una corriente nominal de 400 A.

El circuito está compuesto por dos cables tetrapolares de cobre $3 \times 95/50\text{mm}^2$ en paralelo con aislación XLPE según norma IRAM 2178. Están directamente enterrados a una profundidad de $0,7\text{m}$, con recubrimiento de ladrillos enteros dispuestos en forma transversal a su traza y $0,1\text{m}$ por encima de los mismos, considerando una temperatura del terreno igual a 25°C y una resistividad térmica específica del terreno igual a $1\text{Km}/\text{W}$, y separados un diámetro.

Tablero Seccional General

Este tablero se ubica dentro de la planta, en el sector de producción (Ver plano 02-09). Los cables subterráneos ingresan al tablero por una abertura en el sector superior para conectarse al interruptor general del tablero que es un interruptor automático termomagnético COMPACT NS400, que posee una corriente nominal de 400 A.

A la salida del interruptor se instala un juego de barras de cobre a las que se conectan los interruptores de los circuitos de salida. El mismo está compuesto por tres barras de $0,6\text{m}$ de longitud, separadas 40mm , soportadas mediante dos apoyos de material aislante y con las siguientes dimensiones: 40mm de ancho por 5mm de espesor. El juego de barras se verifica por corriente admisible según la Reglamentación y por esfuerzos de flexión de acuerdo a la norma IRAM 2358.

El tablero cuenta con 23 circuitos de salida, siete de ellos son circuitos seccionales que alimentan los siete tableros seccionales, uno es un circuito seccional que abastece el tablero compacto de tomacorrientes industriales y los restantes quince proveen de energía a circuitos terminales, trece para motores, de los cuales uno se ubica en el exterior sobre los silos de productos terminados, dos pertenecen a norias y por lo tanto también están en el exterior y otros diez se ubican en el mismo sector que el tablero y los dos restantes para circuitos de tomacorrientes, uno de usos especiales que tiene tomas en este sector y en el de elaboración, y otro de uso general destinado a las luces de emergencia.

Circuitos seccionales

Son los circuitos que abastecen de energía los tableros seccionales y los tableros compactos para tomacorrientes industriales.

El Circuito Seccional g-T1 une el TSG con el TS1, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (4 \times 10\text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de XLPE y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

El Circuito Seccional g-T2 une el TSG con el TS2, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (4 \times 16\text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de PVC y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

El Circuito Seccional g-T3 une el TSG con el TS3, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (3 \times 25/16\text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de PVC y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

El Circuito Seccional g-T4 une el TSG con el TS4, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (4 \times 10\text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de PVC y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

El Circuito Seccional g-T5 une el TSG con el TS5, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (3 \times 35/16\text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de PVC y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

El Circuito Seccional g-T6 une el TSG con el TS6, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (3 \times 25/16 \text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de PVC y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

El Circuito Seccional g-T7 une el TSG con el TS7, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (4 \times 6 \text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de PVC y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

El Circuito Seccional g-a une el TSG con el tablero compacto para tomacorrientes industriales, mediante un cable tetrapolar de cobre $1 \times (4 \times 6 \text{mm}^2)$ IRAM 2178 con aislación de PVC y está protegido por un interruptor automático termomagnético modelo C120H.

Circuitos terminales

Son los circuitos que parten del TP y alimentan diferentes bocas de consumo.

Trece de estos pertenecen a motores trifásicos, por lo tanto se alimentan mediante tres conductores unipolares o un conductor tripolar. Todos ellos están protegidos por un interruptor automático termomagnético, interruptor diferencial, contactor y relevo térmico, mientras que el motor que alimenta la prensa pelletera tiene arranque estrella-triángulo por lo que cuenta con tres contactores.

Los otros dos circuitos alimentan circuitos monofásicos de tomacorrientes, son alimentados por dos conductores monofásicos y están protegidos por un interruptor automático termomagnético y un interruptor diferencial.

Tableros Seccionales

Cada tablero posee una protección de cabecera que incluye un interruptor diferencial seguido de un pequeño interruptor automático termomagnético, a partir del cual se desprenden los circuitos terminales. Cada uno de estos últimos tiene un pequeño interruptor termomagnético y a su vez los circuitos ACU que alimentan los motores tienen un contactor con relevo térmico.

El TS1 se encuentra fuera del edificio, en la zona de descarga y almacenamiento de las materias primas, alimenta un tablero compacto para tomacorrientes industriales, un circuito de iluminación exterior, uno de tomacorrientes de uso especial ubicados dentro del tablero y tres para motores de roscas de transporte.

El TS2 se ubica dentro del edificio, en el sector de producción, y alimenta los motores de las primeras dos norias, la moledora y la mezcladora.

El TS3 también se ubica en el sector de producción y parten de aquí doce circuitos que alimentan motores de roscas helicoidales en esta misma división y en el sector exterior de almacenamiento.

El TS4 se encuentra en el cuarto de máquinas, ubicado a un lado del tinglado, tiene seis circuitos, permitiendo el funcionamiento del compresor y la caldera, y abastece los circuitos de tomacorriente y de iluminación de esta sala.

El TS5 está ubicado en el sector de elaboración, alimenta dos tableros compactos de tomacorrientes industriales, dos circuitos de iluminación para las lámparas exteriores en el perímetro del edificio, tres que alimentan los motores correspondientes al proceso de elaboración del núcleo y uno para el motor del extractor.

El TS6 se localiza en el sector de productos terminados y posee cinco circuitos, dos de tomacorrientes y dos de iluminación, los cuatro de uso general y pertenecientes al sector de oficinas, mientras que el quinto alimenta un circuito de tomacorrientes de uso especial con tomas en los sectores de productos terminados y de elaboración.

El TS7 se encuentra en el sector de producción y es el encargado de abastecer de energía eléctrica a los seis circuitos de iluminación interior de la planta, menos aquel circuito del sector de oficina que corresponde al TS6.

Tableros

Los tableros se dimensionan y se verifican térmicamente de manera tal de asegurar que no se producirán sobreelevaciones de temperaturas y se seleccionan del catálogo de Moeller. Los mismos son de chapa de acero, cumplen con la norma IEC 62208 y su grado de protección es IP55, lo que satisface con los requerimientos de los tableros instalados a la intemperie y protección mecánica contra impactos IK10.



Selección:

		Dimensiones [mm]		
		Alto	Ancho	Profundidad
TSG	CS 1212/250	1200	1200	250
TS1	CS 65/250	600	500	250
TS2	CS 86/250	800	600	250
TS3	CS 106/250	1000	600	250
TS4	CS 64/250	600	400	250
TS5	CS 88/200	800	800	200
TS6	CS 54/250	500	400	250
TS7	CS 43/200	400	300	200

Tableros para tomacorrientes industriales

Se distribuyen cuatro tableros a lo largo de la planta, uno de ellos en el sector de productos terminados, uno en el sector de elaboración, otro en el sector de producción y el último en la zona de descarga y almacenamiento de materia prima. Se seleccionan del catálogo de Merlin Gerin y corresponden a tableros estancos modelo Kaedra con IP65, con capacidad para seis tomas de $90 \times 100 \text{ mm}$. En el espacio destinado a protección y maniobra se ubicarán un interruptor diferencial de $4 \times 40 \text{ A}$ y un pequeño interruptor automático termomagnético de $4 \times 25 \text{ A}$.



Canalizaciones

Para la canalización de los circuitos eléctricos se utilizarán caños según norma IRAM de acero semipesado (RS) y bandejas portacables de fondo perforado con tapa debido a la alta concentración de polvo y partículas en el aire.

Los caños son usados principalmente para trasladar los circuitos de iluminación y tomacorrientes, y también para unos pocos motores. Estos serán seleccionados de la tabla 771.12.IX de la Reglamentación y se utilizan los caños RS 16, RS 19, RS 22, RS 25, RS 32, RS 38 y RS 51.

Las bandejas portacables canalizan la totalidad de los circuitos seccionales, la mayoría de los circuitos ACU, y algunos circuitos de iluminación. Esta canalización es elegida de un catálogo de fabricante y tendrá como medidas 50, 100, 150, 200 y 300mm.

En la instalación de cañerías metálicas, las mismas podrán colocarse a la vista o embutidas en la pared, respetando en ambos casos las normas vigentes detalladas en la Reglamentación, respecto al tendido de la instalación. Se debe respetar la ortogonalidad de los ambientes, siguiendo líneas horizontales o verticales, curvas con ángulos no menores a 90° , uniones entre caños y entre caños y caja mediante accesorios adecuados, y fijaciones a la

pared en los puntos que sea necesario de acuerdo a la longitud del tramo de cañería y mediante sujeciones adecuadas.

La instalación en bandejas portacables, del mismo modo debe cumplir con las prescripciones establecidas por la Reglamentación. De esta forma, se debe respetar la cantidad mínima de soportes por tramo de bandeja, para lo cual se utilizan ménsulas pesadas fijadas a la pared o a columnas fijadas al piso y sistemas de suspensión mediante cables de acero, quedando suspendidas del techo, para bandejas que no tengan la posibilidad de ser soportadas por ménsulas, y en todos los casos evitando cualquier tipo de desplazamiento, el espacio de reserva no será inferior al 20%, no se permitirá que haya más de una capa de cables, la distancia vertical entre bandejas en paralelo será de 30 cm, los cables se sujetarán mediante precintos plásticos. Las bandejas serán montadas a una altura de 4m en interiores debido a la presencia de portones y de 3,5 m en exteriores, cumpliendo con los mínimos establecidos. Para el tendido de las bandejas se utilizarán los accesorios originales del fabricante, lo que incluye curvas a 90°, uniones TE a 90°, uniones cruz a 90°, curvas verticales articuladas, reducciones centrales, placas de unión, tapas, sistemas de suspensión, grapas de suspensión y ménsulas. Las bandejas y accesorios se fabrican con chapa de acero al carbono con posterior tratamiento superficial de galvanizado por inmersión en caliente que se realiza conforme a la norma ASTM A123, lo cual es recomendado para uso exterior o en ambientes corrosivos.

La transición del recorrido por cañería a bandeja y viceversa se efectúa en una caja.

Sistema de puesta a tierra

El esquema de conexión a tierra seleccionado es el TT, en el cual el centro de estrella del transformador debe estar conectado a tierra, lo que se conoce como tierra de servicio, y las masas eléctricas de la instalación también conectadas a través de un conductor de protección a otra toma de tierra, llamada tierra de protección, eléctricamente independiente de la toma de tierra de servicio. Ambas tomas de tierras deben estar separadas una distancia mínima de diez radios equivalentes con respecto a la toma de tierra de mayor longitud, en este caso una distancia de 19m.

Puesta a tierra de servicio

Esta conexión a tierra es efectuada por la empresa que presta el servicio de energía eléctrica, respetando la resistencia máxima exigida por la Reglamentación.

Puesta a tierra de protección

El sistema está compuesto por el electrodo de puesta a tierra, la cámara de inspección, el conductor de puesta a tierra y el conductor de protección.

El electrodo de puesta a tierra es un cable unipolar de cobre desnudo $1 \times 95 \text{mm}^2$, sección que es elegida pues es la mitad de la sección del cable del CSG y es directamente enterrado a una profundidad de 12m, longitud que se adopta por experiencia, con el fin de conseguir una resistencia de puesta a tierra inferior a 40Ω .

La cámara de inspección es un elemento diseñado para efectuar el conexionado entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra. Consta de una tapa removible a fin de poder realizar inspecciones y mediciones periódicas. La conexión de los elementos se efectúa en una barra de cobre electrolítico, con puentes removibles que permitan desconectar y conectar rápidamente.

El conductor de puesta a tierra, con la misma sección que el electrodo, pero aislado, es el que une la toma de tierra, desde la cámara de inspección, con la placa colectora de puesta a tierra del tablero principal.

El conductor de protección eléctrica es el encargado de poner a tierras las masas eléctricas y recorre la instalación íntegramente desde la placa colectora de puesta a tierra del tablero principal conectando todos los elementos metálicos, para lo cual todas las cajas metálicas, canalizaciones metálicas, los tableros, tomacorrientes y equipos disponen de bornes de tierra. Desde el tablero principal parten dos conductores de cobre aislado de 50mm^2 de sección en paralelo y se canalizan directamente enterrados junto al circuito seccional general,

uniendo el tablero principal con el borne de puesta a tierra del tablero seccional general. Luego mediante tres bandejas portacables se canalizan tres conductores de protección eléctrica, teniendo dos de ellos secciones de 16mm^2 y uno de 25mm^2 que junto a sus derivaciones permiten la conexión de todas las masas eléctricas de la planta.

Para completar el sistema de protección se emplean interruptores diferenciales para la protección contra los contactos indirectos. Los mismos son de sensibilidad alta, es decir con valores de corriente de disparo de 30mA y protegen los circuitos terminales.

Iluminación

La iluminación exterior está formada por un reflector con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400W , modelo Jeta 6 de la marca SYLVANIA con IP65, que se ubica en el sector de descarga y almacenaje de materia prima, y por doce lámparas de descarga (mezcladoras) de 250W , ubicadas en la periferia del edificio y distribuidas para la iluminación de entradas, salidas y zonas para la circulación del personal y vehículos.

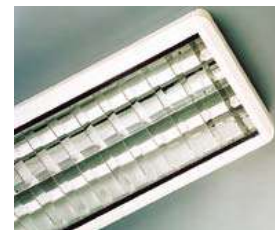
La iluminación interior es calculada mediante el programa Lumenlux de Lumenac, de acuerdo a los parámetros mínimos de iluminancia establecidos por las normas IRAM, y tomando las luminarias del catálogo del programa, con lo cual la iluminación está formada por los modelos Hidro 236, Hidro 258, Strip 136 y Comfort 236.

El modelo Hidro, es un Plafón estanco con base de policarbonato autoextinguible V2 y difusor de acrílico inyectados, con burlete de poliuretano y prensacable que aseguran el grado de protección y permanencia inalterable, protegiendo su interior contra la humedad y el polvo. El modelo de $2 \times 36\text{W}$ se ubica en los sectores de producción, de almacenamiento de los productos terminados, en la sala de máquinas, mientras que el modelo de $2 \times 58\text{W}$ se encuentra en el sector de elaboración y almacenaje de la materia prima.



El modelo Strip, es un plafón fluorescente con cuerpo en acero pintado blanco y el reflector de aluminio purísimo anodizado y abrigado. Son de $1 \times 36\text{W}$ y se ubican en el baño y estar del sector de productos terminados y en el baño y estar de la zona de oficinas.

El modelo Comfort, es un plafón fluorescente para aplicar o suspender del cielo raso, con base de acero pintado blanco y Louver doble parabólico de aluminio de elevada pureza, anodizado y abrigado, garantizando un confort visual óptimo, eliminando el encandilamiento directo del artefacto. Son de $2 \times 36\text{W}$ y se encuentran en las oficinas y en el hall de entrada.



El sistema de iluminación consta además de nueve luminarias de emergencia de $1 \times 20\text{W}$, modelo LE-120 de la marca TBCin, las mismas que ya se encuentran instaladas, pero re distribuidas y ubicadas en cada una de las salidas al exterior o acceso entre sectores dentro de la planta y una sobre el Tablero Seccional General. Para esto se utiliza un circuito TUG destinado especialmente a la conexión de las luminarias.

Descripción de los motores por tablero

TSG

Circuito	Marca	Tipo	Potencia [kW]	Tensión [V]	Corriente [A]	Velocidad [rpm]	cos φ
C g-2	WEG	AL100L	2,20	380	4,85	1420	0,83
C g-3	WEG	AL100L	2,20	380	4,85	1420	0,83
C g-4	WEG	AL80	0,75	380	1,95	1395	0,81
C g-5	WEG	AL90S/L	1,50	380	3,36	1420	0,83
C g-6	WEG	AL71	0,37	380	1,09	1395	0,70
C g-7	WEG	AL132S	7,50	380	14,95	2900	0,87
C g-8	WEG	AL100L	2,20	380	4,85	1420	0,83
C g-9	WEG	AL80	0,75	380	1,80	1415	0,83
C g-10	Czerweny	A80 4B	0,75	380	2,17	1390	0,76
C g-11	WEG	AL80	0,75	380	1,80	1415	0,83
C g-12	WEG	AL112M	4,00	380	8,61	1440	0,83
C g-13	WEG	AL80	0,75	380	1,95	1395	0,81
C g-14	WEG	250S/M	55,00	380	100,00	1475	0,89

TS1

Circuito	Marca	Tipo	Potencia [kW]	Tensión [V]	Corriente [A]	Velocidad [rpm]	cos φ
C 1-3	GAMMA	Y 132S-4	5,5	380	11,6	1440	0,82
C 1-4	WEG	AL112M	4,0	380	8,02	1430	0,87
C 1-5	WEG	AL112M	4,0	380	8,02	1430	0,87

TS2

Circuito	Marca	Tipo	Potencia [kW]	Tensión [V]	Corriente [A]	Velocidad [rpm]	cos φ
C 2-1	WEG	180M	22,0	380	41,8	2945	0,87
C 2-2	Corradi	MTA-132C/4	5,5	380	12,3	1440	0,82
C 2-3	Czerweny	1AI90L-4	1,5	380	3,4	1386	0,80
C 2-4	Corradi	MTA-90L/4	1,5	380	3,7	1400	0,79

TS3

Circuito	Marca	Tipo	Potencia [kW]	Tensión [V]	Corriente [A]	Velocidad [rpm]	cos φ
C 3-1	TAFME	100T/4 N°936	2,20	380	5,10	1500	---
C 3-2	Czerweny	A100L-4	2,20	380	4,80	1400	0,84
C 3-3	Czerweny	A100L-4	2,20	380	4,80	1400	0,84
C 3-4	Czerweny	AI132S-4	5,50	380	11,60	1429	0,84
C 3-5	Czerweny	1AI112M-4	4,00	380	8,30	1435	0,81
C 3-6	Czerweny	1AI100L-4	2,20	380	4,80	1400	0,84
C 3-7	WEG	AL112M	4,00	380	8,02	1430	0,87
C 3-8	WEG	AL112M	4,00	380	8,02	1430	0,87
C 3-9	Altium	1A802-4	0,75	380	2,20	1410	0,75
C 3-10	WEG	AL80	0,75	380	1,80	1415	0,83
C 3-11	Czerweny	A112 M4A	4,00	380	9,50	1300	0,84
C 3-12	WEG	AL100L	2,20	380	4,85	1420	0,83

TS4

Circuito	Marca	Tipo	Potencia [kW]	Tensión [V]	Corriente [A]	Velocidad [rpm]	$\cos \varphi$
C 4-3	EBERLE	ZYOEO946	5,50	380	11,0	2880	0,89
C 4-4	EBERLE	RRO1591	1,10	380	2,7	2820	0,82
C 4-5	EBERLE	RRO1591	1,10	380	2,7	2820	0,82
C 4-6	CAF	MTO71	0,25	220	2,5	2900	0,81

TS5

Circuito	Marca	Tipo	Potencia [kW]	Tensión [V]	Corriente [A]	Velocidad [rpm]	$\cos \varphi$
C 5-3	Siemens	1LA5 113-4YB20	4,04	380	9,00	1450	0,82
C 5-4	Czerweny	1AI132M-4	10,00	380	20,20	1440	0,83
C 5-5	Siemens	1LA3 107-4YB20	2,94	380	6,80	1420	0,84
C 5-6	WEG	AL71	0,37	380	1,09	1395	0,70

MEMORIA DE CÁLCULO
INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Descripción de los circuitos por tablero:

Tablero Seccional General:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C g-1	TUE	1 y 2			12	3300			15,00		
C g-2	ACU	1- noria					1	3192,2	4,85	4,85	4,85
C g-3	ACU	1- noria					1	3192,2	4,85	4,85	4,85
C g-4	ACU	1- enfriador					1	1283,4	1,95	1,95	1,95
C g-5	ACU	1- rosca					1	2211,5	3,36	3,36	3,36
C g-6	ACU	1- ciclón					1	717,4	1,09	1,09	1,09
C g-7	ACU	1- extractor					1	9839,8	14,95	14,95	14,95
C g-8	ACU	Exterior					1	3192,2	4,85	4,85	4,85
C g-9	ACU	1- Cinta					1	1184,7	1,80	1,80	1,80
C g-10	ACU	1- Elevador					1	1428,3	2,17	2,17	2,17
C g-11	ACU	1- rosca					1	1184,7	1,80	1,80	1,80
C g-12	ACU	1- rosca					1	5666,9	8,61	8,61	8,61
C g-13	ACU	1- rosca					1	1283,4	1,95	1,95	1,95
C g-14	ACU	1- prensa					1	65817,9	100,00	100,00	100,00
C g-15	TUG	Emergencia			9	2200				10,00	
CS g-T1	CS	5							31,35	29,85	40,35
CS g-T2	CS	1							55,08	55,08	55,08
CS g-T3	CS	1							62,72	62,72	62,72
CS g-T4	CS	6							14,21	25,12	15,12
CS g-T5	CS	2							66,86	60,38	66,86
CS g-T6	CS	2							15,00	16,14	16,82
CS g-T7	CS	1							10,23	10,23	9,55
CS ga	CS	1							15,00	15,00	15,00
Totales			0	0	21	5500	13	100194,6	437,68	436,74	433,72

Factor de simultaneidad: $f_s = 0,8$

Tablero Seccional 1:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C 1-1	IUE	5	1	* 470,6					2,14		
C 1-2	TUE	5			2	3300					15,00
C 1-3	ACU	5- rosca					1	7634,9	11,60	11,60	11,60
C 1-4	ACU	5- noria					1	5278,6	8,02	8,02	8,02
C 1-5	ACU	5- rosca					1	5278,6	8,02	8,02	8,02
CS 1a	CS	5							15,00	15,00	15,00
Totales			1	470,6	2	3300	3	18192,1	44,78	42,64	57,64

* El circuito IUE corresponde a la alimentación de un reflector con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400W y factor de potencia igual a 0,85, para iluminación exterior con IP 65.

Factor de simultaneidad: $f_s = 0,7$

Tablero Seccional 2:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C 2-1	ACU	1- moledora					1	27511,9	41,80	41,80	41,80
C 2-2	ACU	1- mezcladora					1	8095,6	12,30	12,30	12,30
C 2-3	ACU	1- noria					1	2237,8	3,40	3,40	3,40
C 2-4	ACU	1- noria					1	2435,3	3,70	3,70	3,70
Totales							4	40280,6	61,20	61,20	61,20

Factor de simultaneidad: $f_s = 0,9$

Tablero Seccional 3:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C 3-1	ACU	5- rosca					1	3356,7	5,10	5,10	5,10
C 3-2	ACU	5- rosca					1	3159,3	4,80	4,80	4,80
C 3-3	ACU	5- rosca					1	3159,3	4,80	4,80	4,80
C 3-4	ACU	5- rosca					1	7634,9	11,60	11,60	11,60
C 3-5	ACU	5- rosca					1	5462,9	8,30	8,30	8,30
C 3-6	ACU	5- rosca					1	3159,3	4,80	4,80	4,80
C 3-7	ACU	5- rosca					1	5278,6	8,02	8,02	8,02
C 3-8	ACU	1- rosca					1	5278,6	8,02	8,02	8,02
C 3-9	ACU	1- rosca					1	1448,0	2,20	2,20	2,20
C 3-10	ACU	1- rosca					1	1184,7	1,80	1,80	1,80
C 3-11	ACU	1- rosca					1	6252,7	9,50	9,50	9,50
C 3-12	ACU	1- rosca					1	3192,2	4,85	4,85	4,85
Totales							12	48567,2	73,79	73,79	73,79

Factor de simultaneidad: $f_s = 0,85$

Tablero Seccional 4:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C 4-1	IUG	6	2	300					1,36		
C 4-2	TUE	6			6	3300				15,00	
C 4-3	ACU	6- compresor					1	7240,0	11,00	11,00	11,00
C 4-4	ACU	6- caldera					1	1777,1	2,70	2,70	2,70
C 4-5	ACU	6- caldera					1	1777,1	2,70	2,70	2,70
C 4-6	ACU	6- quemador					1	550,0			2,50
Totales			2	300	6	3300	4	11344,2	17,76	31,40	18,90

Factor de simultaneidad: $f_s = 0,8$

Tablero Seccional 5:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C 5-1	IUE	Exterior	6	* 1584							7,20
C 5-2	IUE	Exterior	6	* 1584					7,20		
C 5-3	ACU	2- rosca					1	5923,6	9,00	9,00	9,00
C 5-4	ACU	2- mezcladora					1	13295,2	20,20	20,20	20,20
C 5-5	ACU	2- rosca					1	4475,6	6,80	6,80	6,80
C 5-6	ACU	2- extractor					1	717,4	1,09	1,09	1,09
CS 5a	CS	2							15,00	15,00	15,00
CS 5b	CS	3							15,00	15,00	15,00
Totales			12	3168			4	24411,8	74,29	67,09	74,29

* Los circuitos IUE corresponden a la alimentación de lámparas de descarga (mezcladoras) de 250W con factor de potencia igual a 0,95, para iluminación exterior.

Factor de simultaneidad: $f_s = 0,9$

Tablero Seccional 6:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C 6-1	IUG	4	9	1350					6,14		
C 6-2	IUG	4	10	1500							6,82
C 6-3	TUG	4			11	2200					10,00
C 6-4	TUG	4			11	2200			10,00		
C 6-5	TUE	2 y 3			11	3300			15,00		
Totales			19	2850	33	7700			15,00	16,14	16,82

Factor de simultaneidad: $f_s = 1$

Tablero Seccional 7:

Circuito	Tipo	Ambiente / Equipo	Iluminación		Tomacorrientes		Otros		I [A]		
			Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	Bocas	[V · A]	R	S	T
C 7-1	IUG	3	9	1350					6,14		
C 7-2	IUG	2	6	900							4,09
C 7-3	IUG	2	6	900				4,09			
C 7-4	IUG	2	6	900					4,09		
C 7-5	IUG	1	9	1350				6,14			
C 7-6	IUG	1	8	1200							5,45
Totales			44	6600				10,23	10,23		9,55

Factor de simultaneidad: $f_s = 1$

Cálculo de Conductores

Consideraciones generales:

- * Los circuitos dentro y fuera de la planta se canalizan mediante bandejas portacables, para lo cual se usan conductores subterráneos según norma IRAM 2178, y caños a la vista o embutidos en la pared con conductores según norma IRAM NM 247-3. Los mismos serán de cobre y tendrán aislación de PVC o XLPE según corresponda, considerando la temperatura máxima admisible de los conductores en servicio continuo de 70°C y 90°C para aislación de PVC y XLPE respectivamente.
- * Los conductores son seleccionados del catálogo de IMSA, e incluyen los tipos Payton Superflex PVC 1.1 kV, Payton Superflex HF 1 kV y Plastic CF.
- * Las bandejas portacables son de fondo perforado y cubiertas con tapas a lo largo de todo su recorrido, pues hay una elevada generación de polvo y dispersión de partículas.
- * Las protecciones son elegidas de los diferentes catálogos de Merlin Gerín.

La selección y verificación de los conductores se efectúa de acuerdo a la Guía práctica para cálculos en instalaciones, en el Anexo 771-H de la Reglamentación, aunque algunas decisiones que discrepan con la Reglamentación quedan a cargo del proyectista.

Otras consideraciones generales:

- * Debido a que no hay acondicionadores de aire, la temperatura ambiente difiere de acuerdo a las condiciones climáticas y la época del año, por lo que se considera la situación más desfavorable para los conductores y se supone que $T_{amb} = 40^{\circ}C$, con lo cual se toma para los cálculos un factor de corrección por temperatura ambiente $f_T = 1$, según tabla 771.16.II.a de la Reglamentación.
- * Para la realización de los cálculos se tendrá presente la cantidad de circuitos que se canalizan en cada bandeja, a partir de lo cual se considerará un factor de corrección por agrupamiento f_a , según tabla 771.16.IV de la Reglamentación. Del mismo modo se tomará un coeficiente de corrección por agrupamiento para los circuitos que compartan un mismo caño, según tabla 771.16.II.b de la Reglamentación.
- * De acuerdo a la tabla 771.9.I de la Reglamentación, se considera para los circuitos IUG e IUE el 100% de la demanda de potencia máxima simultánea. Además para los circuitos IUE se adoptan los consumos reales de los artefactos.
- * Para la verificación por máxima exigencia térmica, de las tablas 771-H.IX y 771-H.X de la Reglamentación se toman los valores de la máxima energía específica pasante para los pequeños interruptores automáticos, mientras que para aquellos dispositivos con una corriente nominal mayor a 32A se obtiene el mismo dato del manual técnico del fabricante.
- * La caída de tensión entre los bornes de salida del tablero principal y los puntos de utilización no puede superar el 3% para circuitos terminales de uso general o especial. En el caso de circuitos de uso específico que alimenten motores, no pueden superar el 5% en servicio ("ser") y el 15% durante el arranque ("arr").
- * Para el cálculo de caída de tensión se consideran como factor de potencia los siguientes valores: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$.

TransformadorPotencia: $400kV \cdot A$ Corriente presunta de cortocircuito: $I_{k\text{ trafa}}'' = 13899A$

$$\text{Impedancia: } Z_1 = X_1 = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot I_{k\text{ trafa}}''} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 13899A} = 0,0158[\Omega]$$

Circuito Principal entre el transformador y el Tablero PrincipalConductor: $2 \times (4 \times (1 \times 95mm^2))$ IRAM 2178 con aislación de XLPE.

Datos del circuito:

$R_2 (//)$ [Ω / km]	$X_2 (//)$ [Ω / km]	Longitud [km]	$R_3 = R_2$ [Ω]	$X_3 = X_1 + X_2$ [Ω]	Z_3 [Ω]
0,137	0,049	0,006	0,00082	0,00039	0,0161

$$\text{Corriente de cortocircuito: } I_{k\text{ min}}'' = I_{k\text{ TP}}'' = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot Z_3} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,0161\Omega} = 13630A$$

Circuito Seccional General entre TP y TSGSelección del conductor y protección

* El cable será tetrapolar, de cobre con aislación XLPE según IRAM 2178 y se instalará directamente enterrado.

* Factor de simultaneidad: $f_s = 0,8$ * Corriente de proyecto: $I_B = 0,8 \cdot 437,68 = 350,14A$ Conductor: $2 \times (3 \times 95 / 50mm^2)$, IRAM 2178 (XLPE)

Factor de reducción por separación de un diámetro: 0,80

Corriente admisible máxima: $I_Z = 2 \cdot 308 \cdot 0,8 = 492,8A$ Corriente nominal del dispositivo de protección: $I_n = 400A$

Seccionador Fusible NH 02 gL/gG, de tensión nominal 500 V y capacidad de ruptura de 200 kA, modelo NH02-400.

Se verifica que $I_B \leq I_n \leq I_Z$ Verificación de la actuación de la protección contra sobrecargaPara fusibles gG según IEC 60269, $I_2 = 1,6 \cdot I_n = 1,6 \cdot 400A = 640A$ $1,45 \cdot I_Z = 1,45 \cdot 616A = 893,2A$ Se verifica que $I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$

Determinación de la corriente de cortocircuito máxima

$$I''_{kTP} = 13630A$$

Se verifica que la capacidad de interrupción de 200 kA es superior a la I''_{kTP}

Verificar por máxima exigencia térmica

Conductor con aislación de XLPE: $K = 143$

Sección de los conductores: $S = 190mm^2$

$$K^2 \cdot S^2 = 143^2 \cdot 190^2 = 738208900$$

Energía específica pasante para fusibles con $I_n = 400A$: $I^2 \cdot t = 1000000A^2 \cdot s$

Se verifica que $K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$

Determinación de la corriente mínima de cortocircuito

Circuito	Conductor		$R_4(//)$	$X_4(//)$	Longitud [km]	$R_5 = R_3 + R_4$ [Ω]	$X_5 = X_3 + X_4$ [Ω]	Z5 [Ω]
	Sección	Tipo	[Ω/km]	[Ω/km]				
CSG	2x(3x95/50)	IRAM 2178 XLPE	0,137	0,034	0,065	0,0097	0,0183	0,0207

$$I''_{kmin} = I''_{kTSG} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot Z_5} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,0207\Omega} = 10613A$$

El fusible fusiona a 8 veces la corriente nominal: $8 \cdot I_n = 8 \cdot 400 = 3200A$

Se verifica que $I''_{kmin} \geq 8 \cdot I_n$

Cálculo de la caída de tensión

$$L = 0,065km$$

$$I_B = 350,14A$$

Conductor: $2 \times (3 \times 95 / 50mm^2)$ IRAM 2178 XLPE

$$R_{90^\circ} = 0,263\Omega/km, X = 0,067 \frac{\Omega}{km}$$

$$Z = 0,263 \cdot 0,85 + 0,067 \cdot 0,53 = 0,259 \frac{\Omega}{km}$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 0,065 \cdot \frac{350,14}{2} \cdot 0,259 = 5,11V$$

$$\Delta U = \frac{5,11}{380} \cdot 100 = 1,34\%$$

Circuitos Seccionales entre el Tablero Seccional General y los tableros seccionales.Selección de los conductores y protecciones

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_Z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_Z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
CS g-T1	CS	40,35	1,00	40,35	1x(4x10)	IRAM 2178 XLPE	68	68,00	50	C120H
CS g-T2	CS	55,08	1,00	55,08	1x(4x16)	IRAM 2178 PVC	70	70,00	63	C120H
CS g-T3	CS	62,72	1,00	62,72	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	88	88,00	80	C120H
CS g-T4	CS	25,12	1,00	25,12	1x(4x10)	IRAM 2178 PVC	52	52,00	40	C120H
CS g-T5	CS	66,86	1,00	66,86	1x(3x35/16)	IRAM 2178 PVC	110	110,00	80	C120H
CS g-T6	CS	16,82	0,72	23,36	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	88	63,36	40	C120H
CS g-T7	CS	10,23	0,73	14,01	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	37	27,01	20	C120H

Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga

Circuito	Tipo	Conductor		I_Z [A]	$1,45 \cdot I_Z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
CS g-T1	CS	1x(4x10)	IRAM 2178 XLPE	68,0	98,6	50	72,5
CS g-T2	CS	1x(4x16)	IRAM 2178 PVC	70,0	101,5	63	91,4
CS g-T3	CS	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	88,0	127,6	80	116,0
CS g-T4	CS	1x(4x10)	IRAM 2178 PVC	52,0	75,4	40	58,0
CS g-T5	CS	1x(3x35/16)	IRAM 2178 PVC	110,0	159,5	80	116,0
CS g-T6	CS	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	63,4	91,9	40	58,0
CS g-T7	CS	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	27,0	39,2	20	29,0

Determinación de la corriente de cortocircuito máxima

$$I''_{k TSG} = 10613A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

$$\text{Protecciones C120H } P_{dCcc} = 15000A$$

Se verifica que $P_{dCcc} \geq I''_{k TSG}$

Verificación por máxima exigencia térmica

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [A ² · s]
		Sección	Tipo			
CS g-T1	CS	1x(4x10)	IRAM 2178 XLPE	143	2044900	* 230000
CS g-T2	CS	1x(4x16)	IRAM 2178 PVC	115	3385600	* 230000
CS g-T3	CS	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	115	8265625	* 250000
CS g-T4	CS	1x(4x10)	IRAM 2178 PVC	115	1322500	* 230000
CS g-T5	CS	1x(3x35/16)	IRAM 2178 PVC	115	16200625	* 250000
CS g-T6	CS	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	115	8265625	* 230000
CS g-T7	CS	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	115	476100	110000

* Valores proporcionados por el fabricante

Determinación de la corriente mínima de cortocircuito

Circuito	Conductor		R_6 [Ω/km]	X_6 [Ω/km]	Longitud [km]	R_7 [Ω] $R_5 + R_6$	X_7 [Ω] $X_5 + X_6$	Z_7 [Ω]	$I''_{k\min}$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
	Sección	Tipo								
CS g-T1	1x(4x10)	IRAM 2178 XLPE	2,440	0,079	0,0297	0,082	0,0206	0,085	2590	500
CS g-T2	1x(4x16)	IRAM 2178 PVC	1,430	0,084	0,0147	0,031	0,0195	0,036	6030	630
CS g-T3	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	0,902	0,083	0,0165	0,025	0,0196	0,031	6974	800
CS g-T4	1x(4x10)	IRAM 2178 PVC	2,270	0,088	0,0177	0,050	0,0198	0,054	4088	400
CS g-T5	1x(3x35/16)	IRAM 2178 PVC	0,650	0,081	0,0373	0,034	0,0213	0,040	5476	800
CS g-T6	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	0,902	0,083	0,0475	0,053	0,0222	0,057	3846	400
CS g-T7	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	3,820	0,093	0,0068	0,036	0,0189	0,040	5435	200

Se verifica que $I''_{k\min} \geq 10 \cdot I_n$

Cálculo de la caída de tensión

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	$R_{70^\circ/90^\circ}$ [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
CS g-T1	1x(4x10)	IRAM 2178 XLPE	40,35	0,0297	2,440	0,079	2,12	4,39	1,16	2,50
CS g-T2	1x(4x16)	IRAM 2178 PVC	55,08	0,0147	1,430	0,084	1,26	1,77	0,47	1,81
CS g-T3	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	62,72	0,0165	0,902	0,083	0,81	1,45	0,38	1,73
CS g-T4	1x(4x10)	IRAM 2178 PVC	25,12	0,0177	2,270	0,088	1,98	1,52	0,40	1,74
CS g-T5	1x(3x35/16)	IRAM 2178 PVC	66,86	0,0373	0,650	0,081	0,60	2,57	0,68	2,02
CS g-T6	1x(3x25/16)	IRAM 2178 PVC	16,82	0,0475	0,902	0,083	0,81	1,12	0,30	1,64
CS g-T7	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	10,23	0,0068	3,820	0,093	3,30	0,40	0,10	1,45

Circuitos Terminales que parten del TSG y de los TS ordenados por tablerosSelección de los conductores y protecciones

TSG

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C g-1	TUE	15,00	1,00	15,00	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36	36,00	20	C120H
C g-2	ACU	4,85	1,00	4,85	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	29,00	10	C120H
C g-3	ACU	4,85	1,00	4,85	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	29,00	10	C120H
C g-4	ACU	1,95	0,72	2,71	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C120H
C g-5	ACU	3,36	0,72	4,67	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C120H
C g-6	ACU	1,09	1,00	1,09	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	18	18,00	10	C120H
C g-7	ACU	14,95	0,72	20,76	1x(3x6)	IRAM 2178 PVC	37	26,64	25	C120H
C g-8	ACU	4,85	1,00	4,85	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	29,00	10	C120H
C g-9	ACU	1,80	0,72	2,50	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C120H
C g-10	ACU	2,17	0,72	3,01	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C120H
C g-11	ACU	1,80	0,72	2,50	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C120H
C g-12	ACU	8,61	0,72	11,96	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	30	21,60	16	C120H
C g-13	ACU	1,95	0,72	2,71	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C120H
C g-14	ACU	100,00	1,00	100,00	1x(3x50)	IRAM 2178 PVC	133	133,00	125	C120H
C g-15	TUG	10,00	1,00	10,00	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28	28,00	20	C120H
CS ga	CS	15,00	0,72	20,83	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	37	26,54	25	C120H

TS1

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_Z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_Z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C 1-1	IUE	2,14	1	2,14	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	27	27	10	P60
C 1-2	TUE	15,00	1	15,00	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	27	27	20	P60
C 1-3	ACU	11,60	1	11,60	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	24	24	16	C60N
C 1-4	ACU	8,02	1	8,02	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	24	24	16	C60N
C 1-5	ACU	8,02	1	8,02	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	24	24	16	C60N
CS 1a	CS	15,00	1	15,00	1x(4x4)	IRAM 2178 XLPE	32	32	20	C60N

TS2

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_Z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_Z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C 2-1	ACU	41,8	0,72	58,1	1x(3x25)	IRAM 2178 PVC	88	63,4	63	C60H
C 2-2	ACU	12,3	0,72	17,1	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	30	21,6	20	C60H
C 2-3	ACU	3,4	0,72	4,7	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	20,9	10	C60H
C 2-4	ACU	3,7	0,72	5,1	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	20,9	10	C60H

TS3

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_Z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_Z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C 3-1	ACU	5,10	0,72	7,08	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	20,88	16	C60H
C 3-2	ACU	4,80	0,72	6,67	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	20,88	16	C60H
C 3-3	ACU	4,80	0,72	6,67	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	20,88	16	C60H
C 3-4	ACU	11,60	0,72	16,11	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29	20,88	20	C60H
C 3-5	ACU	8,30	0,72	11,53	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H
C 3-6	ACU	4,80	0,72	6,67	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H
C 3-7	ACU	8,02	0,72	11,14	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H
C 3-8	ACU	8,02	0,72	11,14	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H
C 3-9	ACU	2,20	0,72	3,06	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H
C 3-10	ACU	1,80	0,72	2,50	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H
C 3-11	ACU	9,50	0,72	13,19	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H
C 3-12	ACU	4,85	0,72	6,74	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	15,84	10	C60H

TS4

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_Z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_Z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C 4-1	IUG	1,36	1,0	1,36	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15,0	10	P60
C 4-2	TUE	15,00	1,0	15,00	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28	28,0	20	C60N
C 4-3	ACU	11,00	1,0	11,00	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	18	18,0	16	C60N
C 4-4	ACU	2,70	0,7	3,86	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	18	12,6	10	C60N
C 4-5	ACU	2,70	0,7	3,86	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	18	12,6	10	C60N
C 4-6	ACU	2,50	0,7	3,57	2x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	21	14,7	10	C60N

TS5

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C 5-1	IUE	7,20	1,00	7,20	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36	36,00	16	C60N
C 5-2	IUE	7,20	1,00	7,20	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36	36,00	16	C60N
C 5-3	ACU	9,00	0,82	10,98	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	18,04	16	C60N
C 5-4	ACU	20,20	0,82	24,63	1x(3x10)	IRAM 2178 PVC	52	42,64	32	C60N
C 5-5	ACU	6,80	0,82	8,29	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	18,04	16	C60N
C 5-6	ACU	1,09	0,77	1,42	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	22	16,94	10	C60N
CS 5a	CS	15,00	0,77	19,48	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	30	23,10	20	C60N
CS 5b	CS	15,00	0,82	18,29	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	30	24,60	20	C60N

TS6

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C 6-1	IUG	6,14	1	6,14	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15	10	P60
C 6-2	IUG	6,82	1	6,82	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15	10	P60
C 6-3	TUG	10,00	1	10,00	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28	28	20	P60
C 6-4	TUG	10,00	1	10,00	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28	28	20	P60
C 6-5	TUE	15,00	1	15,00	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36	36	25	P60

TS7

Circuito	Tipo	I_b [A]	f_a	I'_z [A]	Conductor		I_{adm} [A]	I_z [A]	Protección	
					Sección	Tipo			I_n [A]	Modelo
C 7-1	IUG	6,14	1,00	6,14	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15,00	10	C60N
		6,14	0,72	8,53	1x(2x4)	IRAM 2178 PVC	35	25,20		
C 7-2	IUG	4,09	1,00	4,09	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15,00	10	C60N
		4,09	0,72	5,68	1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	26	18,72		
C 7-3	IUG	4,09	1,00	4,09	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15,00	10	C60N
		4,09	0,72	5,68	1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	26	18,72		
C 7-4	IUG	4,09	1,00	4,09	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15,00	10	C60N
		4,09	0,78	5,68	1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	26	18,72		
C 7-5	IUG	6,14	1,00	6,14	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15	15,00	10	C60N
		6,14	1,00	6,14	1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	26	26,00		
C 7-6	IUG	5,45	0,72	7,57	1x(2x1,5)	IRAM 2178 PVC	19	13,68	10	C60N

Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga

TSG

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C g-1	TUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36,0	52,2	20	29,0
C g-2	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29,0	42,1	10	14,5
C g-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29,0	42,1	10	14,5
C g-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C g-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C g-6	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	18,0	26,1	10	14,5
C g-7	ACU	1x(3x6)	IRAM 2178 PVC	26,6	38,6	25	36,3
C g-8	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	29,0	42,1	10	14,5
C g-9	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C g-10	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C g-11	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C g-12	ACU	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	21,6	31,3	16	23,2
C g-13	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C g-14	ACU	1x(3x50)	IRAM 2178 PVC	133,0	192,9	125	181,3
C g-15	TUG	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28,0	40,6	20	29,0
CS ga	CS	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	26,6	38,6	25	36,3

TS1

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C 1-1	IUE	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	27,0	39,2	10	14,5
C 1-2	TUE	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	27,0	39,2	20	29,0
C 1-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	24,0	34,8	16	23,2
C 1-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	24,0	34,8	16	23,2
C 1-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	24,0	34,8	16	23,2
CS 1a	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 XLPE	32,0	46,4	20	29,0

TS2

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C 2-1	ACU	1x(3x25)	IRAM 2178 PVC	63,4	91,9	63	91,4
C 2-2	ACU	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	21,6	31,3	20	29,0
C 2-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	20,9	30,3	10	14,5
C 2-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	20,9	30,3	10	14,5

TS3

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C 3-1	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	20,9	30,3	16	23,2
C 3-2	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	20,9	30,3	16	23,2
C 3-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	20,9	30,3	16	23,2
C 3-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	20,9	30,3	20	29,0
C 3-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C 3-6	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C 3-7	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C 3-8	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C 3-9	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C 3-10	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C 3-11	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5
C 3-12	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,8	23,0	10	14,5

TS4

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C 4-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
C 4-2	TUE	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28,0	40,6	20	29,0
C 4-3	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	18,0	26,1	16	23,2
C 4-4	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	12,6	18,3	10	14,5
C 4-5	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	12,6	18,3	10	14,5
C 4-6	ACU	2x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	14,7	21,3	10	14,5

TS5

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C 5-1	IUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36,0	52,2	16	23,2
C 5-2	IUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36,0	52,2	16	23,2
C 5-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	18,0	26,2	16	23,2
C 5-4	ACU	1x(3x10)	IRAM 2178 PVC	42,6	61,8	32	46,4
C 5-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	18,0	26,2	16	23,2
C 5-6	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	16,9	24,6	10	14,5
CS 5a	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	23,1	33,5	20	29,0
CS 5b	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	24,6	35,7	20	29,0

TS6

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C 6-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
C 6-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
C 6-3	TUG	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28,0	40,6	20	29,0
C 6-4	TUG	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	28,0	40,6	20	29,0
C 6-5	TUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	36,0	52,2	25	36,3

TS7

Circuito	Tipo	Conductor		I_z [A]	$1,45 \cdot I_z$ [A]	I_n [A]	$I_2 = 1,45 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo				
C 7-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
		1x(2x4)	IRAM 2178 PVC	25,2			
C 7-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	18,7			
C 7-3	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	18,7			
C 7-4	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	18,7			
C 7-5	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	21,8	10	14,5
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	26,0			
C 7-6	IUG	1x(2x1,5)	IRAM 2178 PVC	13,7	19,8	10	14,5

Determinación de la corriente de cortocircuito máxima

TSG

$$I''_{k_{TSG}} = 10613A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

$$* \text{Protecciones C120H } P_{dCcc} = 15000A$$

TS1

$$I''_{k_{TS1}} = 2590A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

$$* \text{Protecciones P60 } P_{dCcc} = 4500A$$

$$* \text{Protecciones C60N } P_{dCcc} = 6000A$$

TS2

$$I''_{k_{TS2}} = 6030A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

$$* \text{Protecciones C60H } P_{dCcc} = 10000A$$

TS3

$$I''_{k_{TS3}} = 6974A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

$$* \text{Protecciones C60H } P_{dCcc} = 10000A$$

TS4

$$I''_{k_{TS4}} = 4088A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

* Protecciones P60 $P_{dCcc} = 4500A$

* Protecciones C60N $P_{dCcc} = 6000A$

TS5

$$I''_{k_{TS5}} = 5476A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

* Protecciones C60N $P_{dCcc} = 6000A$

TS6

$$I''_{k_{TS6}} = 3846A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

* Protecciones P60 $P_{dCcc} = 4500A$

TS7

$$I''_{k_{TS7}} = 5435A$$

Poder de corte de los interruptores automáticos:

* Protecciones C60N $P_{dCcc} = 6000A$

En todos los casos se verifica que $P_{dCcc} \geq I''_{k_{TS}}$

Verificación por máxima exigencia térmica

TSG

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C g-1	TUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	115	476100	110000
C g-2	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	84000
C g-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	84000
C g-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	84000
C g-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	84000
C g-6	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	82656	84000
C g-7	ACU	1x(3x6)	IRAM 2178 PVC	115	476100	110000
C g-8	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	115	82656	84000
C g-9	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	84000
C g-10	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	84000
C g-11	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	84000
C g-12	ACU	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	115	211600	84000
C g-13	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	84000
C g-14	ACU	1x(3x50)	IRAM 2178 PVC	115	33062500	* 300000
C g-15	TUG	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	115	211600	110000
CS ga	CS	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	115	476100	110000

* Valores proporcionados por el fabricante

TS1

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C 1-1	IUE	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	30000
C 1-2	TUE	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	39000
C 1-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000
C 1-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000
C 1-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000
CS 1a	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 XLPE	143	327184	55000

TS2

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C 2-1	ACU	1x(3x25)	IRAM 2178 PVC	115	8265625	* 230000
C 2-2	ACU	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	115	211600	55000
C 2-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000
C 2-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000

* Valores proporcionados por el fabricante

TS3

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C 3-1	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000
C 3-2	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000
C 3-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	42000
C 3-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	143	127806	55000
C 3-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 3-6	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 3-7	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 3-8	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 3-9	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 3-10	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 3-11	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 3-12	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000

TS4

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C 4-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
C 4-2	TUE	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	115	211600	55000
C 4-3	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	82656	42000
C 4-4	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	82656	42000
C 4-5	ACU	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	82656	42000
C 4-6	ACU	2x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	82656	42000

TS5

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C 5-1	IUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	115	476100	42000
C 5-2	IUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	115	476100	42000
C 5-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 5-4	ACU	1x(3x10)	IRAM 2178 PVC	115	1322500	55000
C 5-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
C 5-6	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	115	82656	42000
CS 5a	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	115	211600	55000
CS 5b	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	115	211600	55000

TS6

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C 6-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
C 6-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
C 6-3	TUG	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	115	211600	30000
C 6-4	TUG	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	115	211600	30000
C 6-5	TUE	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	115	476100	30000

TS7

Circuito	Tipo	Conductor		K	$K^2 \cdot S^2$	Energía específica [$A^2 \cdot s$]
		Sección	Tipo			
C 7-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
		1x(2x4)	IRAM 2178 PVC			
C 7-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC			
C 7-3	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC			
C 7-4	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC			
C 7-5	IUG	2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	115	29756	30000
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC			
C 7-6	IUG	1x(2x1,5)	IRAM 2178 PVC	115	29756	30000

Determinación de la corriente mínima de cortocircuito

TSG

Circuito	Tipo	Conductor		R_8 [Ω/km]	X_8 [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_5 + R_8$	X [Ω] $X_5 + X_8$	Z [Ω]	$I''_{k \min}$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C g-1	TUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	3,948	---	0,0364	0,153	0,0183	0,155	1424	200
C g-2	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,280	0,093	0,0250	0,267	0,0206	0,267	820	100
C g-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,280	0,093	0,0250	0,267	0,0206	0,267	820	100
C g-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,190	0,099	0,0074	0,078	0,0190	0,080	2743	60
C g-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,190	0,099	0,0089	0,091	0,0191	0,093	2347	100
C g-6	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	9,548	---	0,0026	0,035	0,0183	0,039	5617	60
C g-7	ACU	1x(3x6)	IRAM 2178 PVC	3,820	0,093	0,0067	0,035	0,0189	0,040	5481	250
C g-8	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,280	0,093	0,0225	0,241	0,0203	0,242	907	100
C g-9	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,190	0,099	0,0163	0,160	0,0199	0,161	1365	60
C g-10	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,190	0,099	0,0173	0,169	0,0200	0,170	1292	60
C g-11	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,190	0,099	0,0120	0,120	0,0194	0,122	1805	60
C g-12	ACU	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	5,720	0,096	0,0125	0,081	0,0195	0,084	2627	160
C g-13	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,190	0,099	0,0090	0,092	0,0191	0,094	2325	60
C g-14	ACU	1x(3x50)	IRAM 2178 PVC	0,480	0,078	0,0077	0,013	0,0189	0,023	9485	1250
C g-15	TUG	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	5,923	---	0,0300	0,187	0,0183	0,188	1169	200
CS ga	CS	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	3,820	0,093	0,0103	0,049	0,0192	0,053	4165	250

TS1

Circuito	Tipo	Conductor		R_9 [Ω/km]	X_9 [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_7 + R_8$	X [Ω] $X_7 + X_8$	Z [Ω]	$I''_{k \min}$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C 1-1	IUE	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0200	0,288	0,0225	0,289	762	100
C 1-2	TUE	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0003	0,085	0,0206	0,088	2508	200
C 1-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0045	0,128	0,0210	0,130	1686	160
C 1-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0200	0,288	0,0225	0,289	760	160
C 1-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0045	0,128	0,0210	0,130	1686	160
CS 1a	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 XLPE	6,35	0,088	0,0020	0,095	0,0208	0,097	2259	200

TS2

Circuito	Tipo	Conductor		R_{10} [Ω/km]	X_{10} [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_7 + R_{10}$	X [Ω] $X_7 + X_{10}$	Z [Ω]	$I''_{k\min}$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C 2-1	ACU	1x(3x25)	IRAM 2178 PVC	0,902	0,083	0,0074	0,037	0,0201	0,042	5167	630
C 2-2	ACU	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	5,720	0,096	0,0094	0,084	0,0204	0,087	2524	200
C 2-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,280	0,093	0,0066	0,099	0,0201	0,101	2181	100
C 2-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,280	0,093	0,0084	0,117	0,0203	0,119	1846	100

TS3

Circuito	Tipo	Conductor		R_{11} [Ω/km]	X_{11} [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_7 + R_{11}$	X [Ω] $X_7 + X_{11}$	Z [Ω]	$I''_{k\min}$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C 3-1	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0089	0,116	0,0205	0,118	1861	160
C 3-2	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0141	0,170	0,0209	0,171	1284	160
C 3-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0141	0,170	0,0209	0,171	1284	160
C 3-4	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	10,28	0,093	0,0082	0,109	0,0204	0,111	1981	200
C 3-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0057	0,077	0,0202	0,080	2757	160
C 3-6	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0057	0,077	0,0202	0,080	2757	100
C 3-7	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0057	0,077	0,0202	0,080	2757	160
C 3-8	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0035	0,057	0,0200	0,060	3647	160
C 3-9	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0080	0,098	0,0204	0,100	2189	100
C 3-10	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0113	0,128	0,0207	0,130	1686	100
C 3-11	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0118	0,133	0,0208	0,135	1629	160
C 3-12	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0133	0,147	0,0209	0,148	1479	100

TS4

Circuito	Tipo	Conductor		R_{12} [Ω/km]	X_{12} [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_7 + R_{12}$	X [Ω] $X_7 + X_{12}$	Z [Ω]	$I''_{k\min}$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C 4-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0062	0,149	0,0198	0,150	1463	100
C 4-2	TUE	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	5,92	---	0,0151	0,139	0,0198	0,141	1563	200
C 4-3	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	9,55	---	0,0025	0,074	0,0198	0,076	2873	160
C 4-4	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	9,55	---	0,0098	0,143	0,0198	0,145	1515	100
C 4-5	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	9,55	---	0,0098	0,143	0,0198	0,145	1515	100
C 4-6	ACU	2x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	9,55	---	0,0088	0,134	0,0198	0,135	1625	100

TS5

Circuito	Tipo	Conductor		R_{13} [Ω/km]	X_{13} [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_7 + R_{13}$	X [Ω] $X_7 + X_{13}$	Z [Ω]	$I''_{k\min}$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C 5-1	IUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	3,95	---	0,0647	0,289	0,0213	0,29	759	160
C 5-2	IUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	3,95	---	0,0547	0,250	0,0213	0,25	878	160
C 5-3	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0110	0,135	0,0224	0,14	1603	160
C 5-4	ACU	1x(3x10)	IRAM 2178 PVC	2,27	0,088	0,0067	0,049	0,0219	0,05	4078	320
C 5-5	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0080	0,107	0,0221	0,11	2000	160
C 5-6	ACU	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0094	0,120	0,0222	0,12	1800	100
CS 5a	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	5,72	0,096	0,0142	0,115	0,0226	0,12	1869	200
CS 5b	CS	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	5,72	0,096	0,0114	0,099	0,0224	0,10	2158	200

TS6

Circuito	Tipo	Conductor		R_{14} [Ω/km]	X_{14} [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_7 + R_{14}$	X [Ω] $X_7 + X_{14}$	Z [Ω]	$I_{k\ min}''$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C 6-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0188	0,352	0,0222	0,41	538	100
C 6-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0150	0,291	0,0222	0,35	632	100
C 6-3	TUG	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	5,92	---	0,0229	0,188	0,0222	0,25	897	200
C 6-4	TUG	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	5,92	---	0,0206	0,174	0,0222	0,23	951	200
C 6-5	TUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	3,95	---	0,0289	0,167	0,0222	0,22	983	250

TS7

Circuito	Tipo	Conductor		R_{15} [Ω/km]	X_{15} [Ω/km]	Longitud [km]	R [Ω] $R_7 + R_{15}$	X [Ω] $X_7 + X_{15}$	Z [Ω]	$I_{k\ min}''$ [A]	$10 \cdot I_n$ [A]
		Sección	Tipo								
C 7-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0141	0,480	0,0227	0,48	458	100
		1x(2x4)	IRAM 2178 PVC	5,72	0,100	0,0385					
C 7-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0164	0,466	0,0207	0,47	471	100
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0186					
C 7-3	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0164	0,502	0,0211	0,50	438	100
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0225					
C 7-4	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0164	0,538	0,0215	0,54	409	100
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0264					
C 7-5	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	15,91	---	0,0090	0,235	0,0195	0,24	931	100
		1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,19	0,099	0,0062					
C 7-6	IUG	1x(2x1,5)	IRAM 2178 PVC	15,00	0,108	0,0116	0,209	0,0201	0,21	1048	100

Verificación por caída de tensión

TSG

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	$R_{70^\circ/90^\circ}$ [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
CS ga	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	15,00	0,0103	3,82	0,093	3,30	0,88	0,23	1,58
C g-1	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	15,00	0,0364	3,95	--	3,36	3,66	1,67	3,01
C g-2 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	4,85	0,0250	10,28	0,093	8,79	1,85	0,49	1,83
C g-2 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	33,95	0,0250	10,28	0,093	8,79	12,92	3,40	4,74
C g-3 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	4,85	0,0250	10,28	0,093	8,79	1,85	0,49	1,83
C g-3 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	33,95	0,0250	10,28	0,093	8,79	12,92	3,40	4,74
C g-4 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	1,95	0,0074	9,19	0,099	7,86	0,20	0,05	1,40
C g-4 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	13,65	0,0074	9,19	0,099	7,86	1,38	0,36	1,71
C g-5 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	3,36	0,0089	9,19	0,099	7,86	0,41	0,11	1,45
C g-5 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	23,52	0,0089	9,19	0,099	7,86	2,85	0,75	2,09
C g-6 ser	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	1,09	0,0026	9,55	--	8,12	0,04	0,01	1,35
C g-6 arr	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	7,63	0,0026	9,55	--	8,12	0,28	0,07	1,42
C g-7 ser	1x(3x6)	IRAM 2178 PVC	14,95	0,0067	3,82	0,093	3,30	0,57	0,15	1,49
C g-7 arr	1x(3x6)	IRAM 2178 PVC	104,65	0,0067	3,82	0,093	3,30	4,00	1,05	2,40
C g-8 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	4,85	0,0225	10,28	0,093	8,79	1,92	0,50	1,85
C g-8 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	33,95	0,0225	10,28	0,093	8,79	13,42	3,53	4,88
C g-9 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	1,80	0,0163	9,19	0,099	7,86	0,40	0,11	1,45
C g-9 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	12,60	0,0163	9,19	0,099	7,86	2,80	0,74	2,08
C g-10 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	2,17	0,0173	9,19	0,099	7,86	0,51	0,13	1,48
C g-10 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,19	0,0173	9,19	0,099	7,86	3,58	0,94	2,52
C g-11 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	1,80	0,0120	9,19	0,099	7,86	0,29	0,08	1,42
C g-11 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	12,60	0,0120	9,19	0,099	7,86	2,05	0,54	1,88
C g-12 ser	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	8,61	0,0125	5,72	0,096	4,91	0,91	0,24	1,58
C g-12 arr	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	60,27	0,0125	5,72	0,096	4,91	6,39	1,68	3,02
C g-13 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	1,95	0,0090	9,19	0,099	7,86	0,24	0,06	1,41
C g-13 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	13,65	0,0090	9,19	0,099	7,86	1,67	0,44	1,78
C g-14 ser	1x(3x50)	IRAM 2178 PVC	100,00	0,0077	0,48	0,078	0,45	0,60	0,16	1,50
C g-14 arr	1x(3x50)	IRAM 2178 PVC	404,15	0,0077	0,48	0,078	0,45	2,42	0,64	1,98
C g-15	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	10,00	0,0300	5,93	--	5,03	3,02	1,37	2,72

TS1

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	R_{90° [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
CS 1a	1x(4x4)	IRAM 2178 XLPE	15,00	0,0020	6,35	0,088	5,44	0,28	0,07	2,57
C 1-1	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	2,14	0,0200	10,28	0,093	8,79	0,75	0,34	2,84
C 1-2	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	15,00	0,0003	10,28	0,093	8,79	0,08	0,04	2,54
C 1-3 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	11,60	0,0045	10,28	0,093	8,79	0,79	0,21	2,71
C 1-3 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	81,20	0,0045	10,28	0,093	8,79	5,56	1,46	3,96
C 1-4 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	8,02	0,0200	10,28	0,093	8,79	2,44	0,64	3,14
C 1-4 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	56,14	0,0200	10,28	0,093	8,79	17,09	4,50	7,00
C 1-5 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	8,02	0,0045	10,28	0,093	8,79	0,55	0,14	2,64
C 1-5 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	56,14	0,0045	10,28	0,093	8,79	3,85	1,01	3,51

TS2

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	$R_{70^\circ/90^\circ}$ [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
C 2-1 ser	1x(3x25)	IRAM 2178 PVC	41,8	0,0074	0,902	0,083	0,81	0,43	0,11	1,92
C 2-1 arr	1x(3x25)	IRAM 2178 PVC	292,6	0,0074	0,902	0,083	0,81	3,04	0,80	2,61
C 2-2 ser	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	12,3	0,0094	5,720	0,096	4,91	0,98	0,26	2,07
C 2-2 arr	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	86,1	0,0094	5,720	0,096	4,91	6,89	1,81	3,62
C 2-3 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	3,4	0,0066	10,280	0,093	8,79	0,34	0,09	1,90
C 2-3 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	23,8	0,0066	10,280	0,093	8,79	2,39	0,63	2,44
C 2-4 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	3,7	0,0084	10,280	0,093	8,79	0,47	0,12	1,93
C 2-4 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	25,9	0,0084	10,280	0,093	8,79	3,31	0,87	2,68

TS3

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	$R_{70^\circ/90^\circ}$ [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
C 3-1 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	5,10	0,0089	10,28	0,093	8,79	0,69	0,18	1,91
C 3-1 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	35,70	0,0089	10,28	0,093	8,79	4,84	1,27	3,00
C 3-2 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	4,80	0,0141	10,28	0,093	8,79	1,03	0,27	2,00
C 3-2 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	33,60	0,0141	10,28	0,093	8,79	7,21	1,90	3,62
C 3-3 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	4,80	0,0141	10,28	0,093	8,79	1,03	0,27	2,00
C 3-3 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	33,60	0,0141	10,28	0,093	8,79	7,21	1,90	3,62
C 3-4 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	11,60	0,0082	10,28	0,093	8,79	1,45	0,38	2,11
C 3-4 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	81,20	0,0082	10,28	0,093	8,79	10,13	2,67	4,39
C 3-5 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	8,30	0,0057	9,19	0,099	7,86	0,64	0,17	1,90
C 3-5 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	58,10	0,0057	9,19	0,099	7,86	4,51	1,19	2,91
C 3-6 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	4,80	0,0057	9,19	0,099	7,86	0,37	0,10	1,82
C 3-6 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	33,60	0,0057	9,19	0,099	7,86	2,61	0,69	2,41
C 3-7 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	8,02	0,0057	9,19	0,099	7,86	0,62	0,16	1,89
C 3-7 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	56,14	0,0057	9,19	0,099	7,86	4,36	1,15	2,87
C 3-8 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	8,02	0,0035	9,19	0,099	7,86	0,38	0,10	1,83
C 3-8 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	56,14	0,0035	9,19	0,099	7,86	2,68	0,70	2,43
C 3-9 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	2,20	0,0080	9,19	0,099	7,86	0,24	0,06	1,79
C 3-9 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	15,40	0,0080	9,19	0,099	7,86	1,68	0,44	2,17
C 3-10 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	1,80	0,0113	9,19	0,099	7,86	0,28	0,07	1,80
C 3-10 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	12,60	0,0113	9,19	0,099	7,86	1,94	0,51	2,24
C 3-11 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,50	0,0118	9,19	0,099	7,86	1,53	0,40	2,13
C 3-11 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	66,50	0,0118	9,19	0,099	7,86	10,69	2,81	4,54
C 3-12 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	4,85	0,0133	9,19	0,099	7,86	0,88	0,23	1,96
C 3-12 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	33,95	0,0133	9,19	0,099	7,86	6,15	1,62	3,34

TS4

Circuito C 4-1

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
Sección	Tipo									
2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	1	0,68	0,0019	13,3	15,9	13,5	0,04	0,02	
		2	1,36	0,0043				0,16	0,07	
								0,19	0,09	

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
C 4-2	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	15,0	0,0151	4,95	5,923	5,03	2,28	1,04	2,78
C 4-3 ser	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	11,0	0,0025	7,98	9,548	8,12	0,39	0,10	1,85
C 4-3 arr	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	77,0	0,0025	7,98	9,548	8,12	2,71	0,71	2,46
C 4-4 ser	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	2,7	0,0098	7,98	9,548	8,12	0,37	0,10	1,84
C 4-4 arr	3x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	18,9	0,0098	7,98	9,548	8,12	2,60	0,69	2,43
C 4-6 ser	2x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	2,5	0,0088	7,98	9,548	8,12	0,36	0,16	1,91
C 4-6 arr	2x(1x2,5)	IRAM NM 247-3 PVC	17,5	0,0088	7,98	9,548	8,12	2,50	1,14	2,88

TS5

Circuitos C 5-1 y C 5-2

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
Sección	Tipo									
2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	1	1,2	0,0134	3,30	3,95	3,36	0,11	0,05	
		2	2,4	0,0174	3,30	3,95	3,36	0,28	0,13	
		3	3,6	0,0060	3,30	3,95	3,36	0,14	0,07	
		4	4,8	0,0075	3,30	3,95	3,36	0,24	0,11	
		5	6,0	0,0114	3,30	3,95	3,36	0,46	0,21	
		6	7,2	0,0090	3,30	3,95	3,36	0,43	0,20	
							1,67	0,76	2,78	

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	R_{70° [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
CS 5 ^a	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	15,00	0,0142	5,72	0,099	4,91	1,81	0,48	2,50
CS 5b	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	15,00	0,0114	5,72	0,099	4,91	1,46	0,38	2,40
C 5-3 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	9,00	0,0110	9,19	0,099	7,86	1,35	0,35	2,37
C 5-3 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	63,00	0,0110	9,19	0,099	7,86	9,44	2,48	4,50
C 5-4 ser	1x(3x10)	IRAM 2178 PVC	20,20	0,0067	2,27	0,088	1,98	0,46	0,12	2,14
C 5-4 arr	1x(3x10)	IRAM 2178 PVC	141,40	0,0067	2,27	0,088	1,98	3,24	0,85	2,87
C 5-5 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	6,80	0,0080	9,19	0,099	7,86	0,74	0,19	2,21
C 5-5 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	47,60	0,0080	9,19	0,099	7,86	5,19	1,36	3,38
C 5-6 ser	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	1,09	0,0094	9,19	0,099	7,86	0,14	0,04	2,06
C 5-6 arr	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	7,63	0,0094	9,19	0,099	7,86	0,97	0,26	2,28

TS6

Circuito C 6-1

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
Sección	Tipo									
2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	1	0,68	0,0028	13,30	15,91	13,53	0,05	0,02	
		2	1,36	0,0027				0,10	0,05	
		4	2,73	0,0027				0,20	0,09	
		6	4,09	0,0037				0,41	0,19	
		8	5,45	0,0022				0,32	0,15	
		9	6,14	0,0047				0,78	0,35	
								1,86	0,85	2,49

Circuito C 6-2

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
Sección	Tipo									
2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	1	0,68	0,0018	13,30	15,91	13,53	0,03	0,02	
		2	1,36	0,0018				0,07	0,03	
		4	2,73	0,0024				0,18	0,08	
		5	3,41	0,0019				0,18	0,08	
		8	5,45	0,0039				0,58	0,26	
		10	6,82	0,0032				0,59	0,27	
								1,62	0,74	2,37

Circuito	Conductor		I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
	Sección	Tipo								
C 6-3	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	10	0,0229	4,95	5,92	5,03	2,31	1,05	2,69
C 6-4	2x(1x4)	IRAM NM 247-3 PVC	10	0,0206	4,95	5,92	5,03	2,07	0,94	2,58
C 6-5	2x(1x6)	IRAM NM 247-3 PVC	15	0,0289	3,30	3,95	3,36	2,91	1,32	2,96

TS7

Circuito C 7-1

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
Sección	Tipo												
2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	1	0,68	0,0032	13,3	15,9	13,5	--	--	--	0,06	0,03	
		2	1,36	0,0032				--	--	--	0,12	0,05	
		3	2,05	0,0039				--	--	--	0,21	0,10	
		6	4,09	0,0039				--	--	--	0,43	0,19	
1x(2x4)	IRAM 2178 PVC	9	6,14	0,0385	--	--	--	5,72	0,10	4,92	2,32	1,06	
											3,14	1,43	2,88

Circuitos C 7-2, C 7-3 y C 7-4

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
Sección	Tipo												
2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	1	0,68	0,0033	13,3	15,9	13,5	--	--	--	0,060	0,03	
		2	1,36	0,0033				--	--	--	0,121	0,05	
		3	2,05	0,0033				--	--	--	0,181	0,08	
		4	2,73	0,0033				--	--	--	0,241	0,11	
		5	3,41	0,0033				--	--	--	0,302	0,14	
1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	6	4,09	0,0264	--	--	--	9,19	0,099	7,86	1,695	0,77	
											2,600	1,18	2,63

Circuito C 7-5

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	X [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]
Sección	Tipo												
2x(1x1,5)	IRAM NM 247-3 PVC	1	0,68	0,0023	13,3	15,9	13,5	--	--	--	0,042	0,02	
		2	1,36	0,0023				--	--	--	0,085	0,04	
		3	2,05	0,0022				--	--	--	0,122	0,06	
		6	4,09	0,0022				--	--	--	0,243	0,11	
1x(2x2,5)	IRAM 2178 PVC	9	6,14	0,0062	--	--	--	9,19	0,099	7,86	0,594	0,27	
											1,086	0,49	1,94

Circuito C 7-6

Conductor		Bocas por tramo	I_b [A]	Longitud [km]	R_{20° [Ω/km]	R_{70° [Ω/km]	Z [Ω/km]	ΔU [V]	ΔU [%]	ΔU_{total} [%]		
Sección	Tipo											
1x(2x1,5)	IRAM 2178 PVC	1	0,68	0,0013	15	0,108	12,81	0,022	0,01			
		2	1,36	0,0025				0,087	0,04			
		4	2,73	0,0048				0,335	0,15			
		8	5,45	0,0030				0,419	0,19			
										0,864	0,39	1,84

Cálculo de luminarias

Para el cálculo, selección y distribución de luminarias se utiliza el programa Lumenlux de Lumenac.

En un primer paso se selecciona el tipo y modelo de luminaria acorde al ambiente en el cual se instala la misma y luego se dimensiona y se fijan las características de ese espacio, tanto las dimensiones y planos de trabajo como las reflectancias. En el siguiente paso, en función de la iluminancia media se determina la cantidad de luminarias a utilizar y por último se realiza la distribución de las mismas y se calculan los resultados respetando los márgenes establecidos por las normas.

Consideraciones generales:

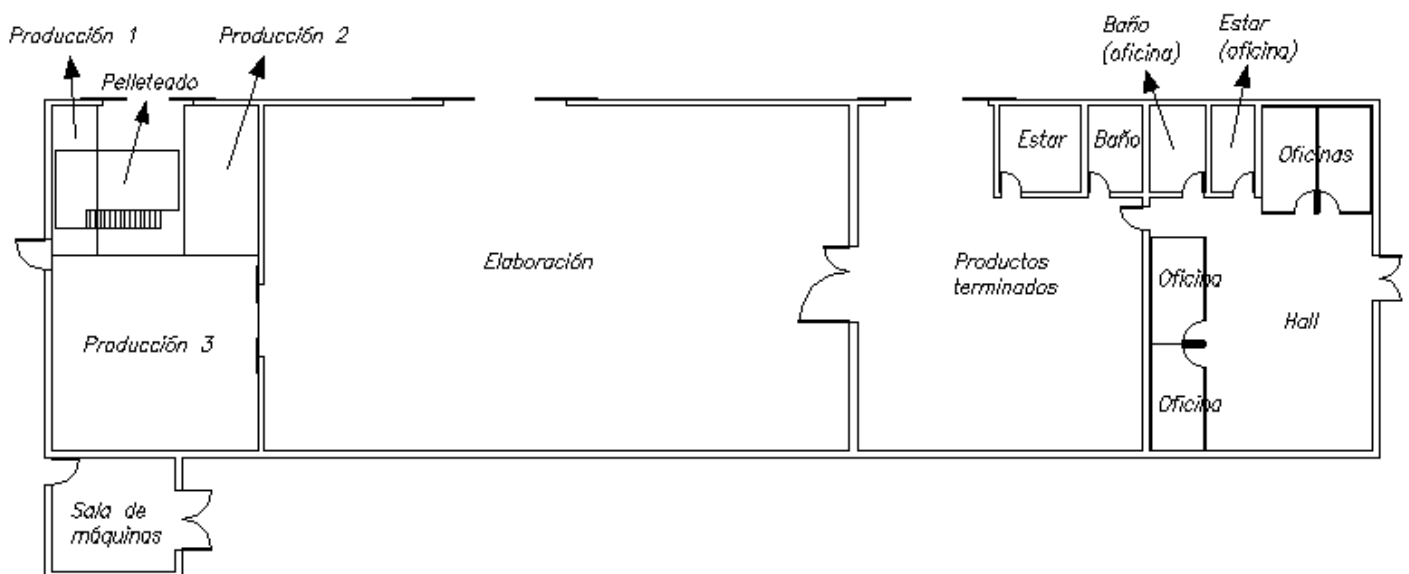
Los valores de iluminancia media se obtienen de la tabla III de la Norma IRAM-AADL J 20-06 y a continuación se detallan los valores a utilizar:

Ambiente	Iluminación media [lx]
Baño (iluminación general)	100
Estar (iluminación general)	100
Hall para el público (oficinas)	200
Oficinas (trabajo general)	500
Depósito de productos	100
Elaboración y envasado	300
Sala de máquinas	150

Los factores de reflexión para las superficies interiores se toman de la tabla V de la Norma IRAM-AADL J 20-05.

La iluminación general, para asegurar una uniformidad razonable, debe satisfacer la relación $E_{\min} \geq \frac{E_{\max}}{2}$, según la Norma IRAM-AADL J 20-05.

A continuación se detallan los valores usados para el cálculo junto a los resultados obtenidos, ordenando en primer lugar por tablero y luego por sector o espacio delimitado para la distribución de las luminarias. Las divisiones se pueden observar en el siguiente esquema:



	TSG	TS4
	Sector de pelleado	Sala de máquinas
Dimensiones [m]		
Largo	4,1	4,10
Ancho	2,0	3,85
Alto	2,5	3,00
Plano de trabajo	0,8	0,80
Reflectancias [%]		
Cielorraso	80	80
Piso	20	20
Pared	50	50
Estimador de luminarias		
Modelo	Hidro 236	Hidro 236
Altura de montaje [m]	2,5	3
Iluminación media [lx]	300	150
Cantidad estimada	1,8	1,6
Cantidad seleccionada	2	2
Resultados		
Iluminancia media E_{med} [lx]	363	191
Iluminancia mínima E_{min} [lx]	254	160
Iluminancia máxima E_{max} [lx]	424	216
E_{min} / E_{med}	1 : 1,4	1 : 1,1
E_{min} / E_{max}	1 : 1,6	1 : 1,3

	TS6					
	Baño	Estar	Baño (Oficina)	Estar (Oficina)	Oficinas	Hall
Dimensiones [m]						
Largo	1,85	2,75	1,85	1,5	1,83	5,6
Ancho	2,90	2,90	2,90	2,9	3,56	8,0
Alto	2,50	2,50	2,50	2,5	2,50	2,5
Plano de trabajo	0,80	0,80	0,80	0,8	0,80	0,8
Reflectancias [%]						
Cielorraso	80	80	80	80	80	80
Piso	20	20	20	20	20	20
Pared	50	50	50	50	50	50
Estimador de luminarias						
Modelo	Strip 136	Strip 136	Strip 136	Strip 136	Comfort 236	Comfort 236
Altura de montaje [m]	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Iluminación media [lx]	100	100	100	100	500	200
Cantidad estimada	0,4	0,6	0,4	0,4	1,2	2,8
Cantidad seleccionada	1	1	1	1	2	6
Resultados						
Iluminancia media E_{med} [lx]	187	209	187	260	713	413
Iluminancia mínima E_{min} [lx]	148	179	148	199	602	222
Iluminancia máxima E_{max} [lx]	204	255	204	327	886	640
E_{min} / E_{med}	1 : 1,2	1 : 1,1	1 : 1,2	1 : 1,3	1 : 1,1	1 : 1,8
E_{min} / E_{max}	1 : 1,3	1 : 1,4	1 : 1,3	1 : 1,6	1 : 1,4	1 : 2,8

	TS7				
	Producción 1	Producción 2	Producción 3	Elaboración	Prod. Terminados
Dimensiones [m]					
Largo	1,5	2,5	6,9	19,6	9,55
Ancho	5,0	5,0	6,6	11,6	11,60
Alto	3,0	3,0	4,0	5,0	5,00
Plano de trabajo	0,8	0,8	0,8	0,8	0,80
Reflectancias [%]					
Cielorraso	80	80	80	80	80
Piso	20	20	20	20	20
Pared	50	50	50	50	50
Estimador de luminarias					
Modelo	Hidro 236	Hidro 236	Hidro 236	Hidro 258	Hidro 236
Altura de montaje [m]	3	3	4	5	5
Iluminación media [lx]	300	300	300	300	100
Cantidad estimada	2,1	2,8	8,7	16,6	6,6
Cantidad seleccionada	2	4	9	18	9
Resultados					
Iluminancia media E_{med} [lx]	287	438	310	377	142
Iluminancia mínima E_{min} [lx]	216	365	273	322	126
Iluminancia máxima E_{max} [lx]	344	494	328	419	150
E_{min}/E_{med}	1 : 1,3	1 : 1,2	1 : 1,1	1 : 1,1	1 : 1,1
E_{min}/E_{max}	1 : 1,5	1 : 1,3	1 : 1,2	1 : 1,3	1 : 1,1

Cálculo de tableros

Los gabinetes metálicos que se seleccionan del catálogo de Moeller, son dimensionados y verificados térmicamente, de acuerdo a la "Guía de orientación para dimensionar térmicamente tableros armados por montadores responsables" en el anexo 771-H de la Reglamentación.

Consideraciones generales:

* La potencia disipada por polo es la máxima que puede disipar un pequeño interruptor automático y se obtiene de la tabla 771-H.XII, mientras que para las protecciones que no califican como PIA se toman de tabla de fabricante.

* Para obtener la potencia total que se debe disipar en el tablero se debe tener en cuenta:

- $I_n = I_{ne}$: corriente asignada de entrada.
- I_{nu} : corriente asignada de salida.
- K_e : factor de utilización, $K_e = 0,85$
- I_{nq} : corriente asignada del tablero, $I_{nq} = I_n \cdot K_e$
- K : factor de simultaneidad, $K = \frac{I_{nq}}{I_{nu}}$

La potencia total disipada dentro del tablero se calcula como:

$$P_{tot} [W] = P_{dp} + 0,2 \cdot P_{dp} + P_{au}$$

donde:

P_{dp} es la potencia disipada por los dispositivos de protección, tomando en cuenta los factores K_e y K .

$0,2 \cdot P_{dp}$ es la potencia total disipada por las conexiones, los tomacorrientes, los relés, los interruptores diferenciales, los interruptores seccionadores, etc.

P_{au} es la potencia total disipada por otros dispositivos y aparatos eléctricos instalados en el tablero y no incluidos en P_{dp} y $0,2 \cdot P_{dp}$. Se considera $P_{au} = 0$.

El valor de P_{tot} debe compararse con la potencia máxima disipable por el gabinete P_{de} declarada por el fabricante, y se debe verificar que:

$$P_{tot} \leq P_{de}$$

Detalles del cálculo:

TSG

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]
CSG	400	9,6	4	38,4	0,85	340,0			27,74
C g-1	20	4,5	2	9,0			680	0,50	2,25
C g-2	10	3,0	3	9,0					2,25
C g-3	10	3,0	3	9,0					2,25
C g-4	6	3,0	3	9,0					2,25
C g-5	10	3,0	3	9,0					2,25
C g-6	6	3,0	3	9,0					2,25
C g-7	25	4,5	3	13,5					3,38
C g-8	10	3,0	3	9,0					2,25
C g-9	6	3,0	3	9,0					2,25
C g-10	6	3,0	3	9,0					2,25
C g-11	6	3,0	3	9,0					2,25
C g-12	16	3,5	3	10,5					2,63
C g-13	6	3,0	3	9,0					2,25
C g-14	125	20,0	3	60,0					15,00
C g-15	20	4,5	2	9,0					2,25
CS g-T1	50	9,0	4	36,0					9,00
CS g-T2	63	13,0	4	52,0					13,00
CS g-T3	80	15,0	4	60,0					15,00
CS g-T4	40	7,5	4	30,0					7,50
CS g-T5	80	15,0	4	60,0					15,00
CS g-T6	40	7,5	4	30,0			7,50		
CS g-T7	20	4,5	4	18,0			4,50		
CS ga	25	4,5	4	18,0			4,50		
P_{dp}									151,74

$$P_{tot} = 151,74 + 0,2 \cdot 151,74 = 182,09W$$

TS1

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]
CS g-T1	50	9,0	4	36,0	0,85	42,5			26,01
C 1-1	10	3,0	2	6,0			98	0,43	1,13
C 1-2	20	4,5	2	9,0					1,69
C 1-3	16	3,5	3	10,5					1,97
C 1-4	16	3,5	3	10,5					1,97
C 1-5	16	3,5	3	10,5					1,97
CS 1a	20	4,5	4	18,0					3,39
P_{dp}									38,14

$$P_{tot} = 38,14 + 0,2 \cdot 38,14 = 45,77W$$

TS2

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]	
CS g-T2	63	13,0	4	52,0	0,85	53,6			37,57	
C 2-1	63	13,0	3	39,0			103	0,52	10,54	
C 2-2	20	4,5	3	13,5					3,65	
C 2-3	10	3,0	3	9,0					2,43	
C 2-4	10	3,0	3	9,0					2,43	
									P_{dp}	56,63

$$P_{tot} = 56,63 + 0,2 \cdot 56,63 = 67,95W$$

TS3

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]	
CS g-T3	80	15,0	4	60,0	0,85	68,0			43,35	
C 3-1	16	3,5	3	10,5			148	0,46	2,22	
C 3-2	16	3,5	3	10,5					2,22	
C 3-3	16	3,5	3	10,5					2,22	
C 3-4	20	4,5	3	13,5					2,85	
C 3-5	10	3,0	3	9,0					1,90	
C 3-6	10	3,0	3	9,0					1,90	
C 3-7	10	3,0	3	9,0					1,90	
C 3-8	10	3,0	3	9,0					1,90	
C 3-9	10	3,0	3	9,0					1,90	
C 3-10	10	3,0	3	9,0					1,90	
C 3-11	10	3,0	3	9,0					1,90	
C 3-12	10	3,0	3	9,0					1,90	
									P_{dp}	68,05

$$P_{tot} = 68,05 + 0,2 \cdot 68,05 = 81,66W$$

TS4

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]	
CS g-T4	40	7,5	4	30,0	0,85	34,0			21,68	
C 4-1	10	3,0	2	6,0			76	0,45	1,20	
C 4-2	20	4,5	2	9,0					1,80	
C 4-3	16	3,5	3	10,5					2,10	
C 4-4	10	3,0	3	9,0					1,80	
C 4-5	10	3,0	3	9,0					1,80	
C 4-6	10	3,0	2	6,0					1,20	
									P_{dp}	31,58

$$P_{tot} = 31,58 + 0,2 \cdot 31,58 = 37,90W$$

TS5

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]	
CS g-T5	80	15,0	4	60,0	0,85	68,0			43,35	
C 5-1	16	3,5	2	7,0			146	0,47	1,52	
C 5-2	16	3,5	2	7,0					1,52	
C 5-3	16	3,5	3	10,5					2,28	
C 5-4	32	6,0	3	18,0					3,90	
C 5-5	16	3,5	3	10,5					2,28	
C 5-6	10	3,0	3	9,0					1,95	
CS 5a	20	4,5	4	18,0					3,90	
CS 5b	20	4,5	4	18,0					3,90	
									P_{dp}	64,61

$$P_{tot} = 64,61 + 0,2 \cdot 64,61 = 77,53W$$

TS6

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]	
CS g-T6	40	7,5	4	30,0	0,85	34,0			21,68	
C 6-1	10	3,0	2	6,0			85	0,40	0,96	
C 6-2	10	3,0	2	6,0					0,96	
C 6-3	20	4,5	2	9,0					1,44	
C 6-4	20	4,5	2	9,0					1,44	
C 6-5	25	4,5	2	9,0					1,44	
									P_{dp}	27,92

$$P_{tot} = 27,92 + 0,2 \cdot 27,92 = 33,50W$$

TS7

Circuitos	I_n [A]	P_{dis} por polo [W]	Nº de polos	P_{dis} total [W]	K_e	I_{nq} [A]	I_{nu} [A]	K	P'_{dis} [W]	
CS g-T7	20	4,5	4	18,0	0,85	17,0			13,01	
C 7-1	10	3,0	2	6,0			60	0,28	0,48	
C 7-2	10	3,0	2	6,0					0,48	
C 7-3	10	3,0	2	6,0					0,48	
C 7-4	10	3,0	2	6,0					0,48	
C 7-5	10	3,0	2	6,0					0,48	
C 7-6	10	3,0	2	6,0					0,48	
									P_{dp}	15,90

$$P_{tot} = 15,90 + 0,2 \cdot 15,90 = 19,07W$$

Resumen:

Tableros	P_{tot}	P_{de}	Código	Dimensiones [mm]		
				Alto	Ancho	Profundidad
TSG	182,09	180	CS 1212/250	1200	1200	250
TS1	45,77	55	CS 65/250	600	500	250
TS2	67,95	75	CS 86/250	800	600	250
TS3	81,66	91	CS 106/250	1000	600	250
TS4	37,90	45	CS 64/250	600	400	250
TS5	77,53	85	CS 88/200	800	800	200
TS6	33,50	39	CS 54/250	500	400	250
TS7	19,07	24	CS 43/200	400	300	200

CanalizacionesCanalización mediante caños

Los caños que se usan cumplen con la norma IRAM 2005, son de acero semipesado y de sección circular. Los mismos canalizan solo circuitos terminales, por lo que el caño RS 16 es el de menor sección a utilizar.

La totalidad de los caños se seleccionan de la tabla 771.12.IX, ya que todos los circuitos representan casos previstos en dicha tabla. De esta forma se elige la sección del caño de acuerdo a la máxima cantidad de conductores y a la sección de los mismos, incluyendo el conductor de protección eléctrica que se ubica en cada canalización, garantizando el diámetro interno mínimo del caño y su porción de sección libre del 65% .

A continuación se detallan las canalizaciones de los circuitos, ordenados por tablero:

TSG

Circuito	Tipo	Conductor		Canalización
		Sección	Tipo	
C g-1	TUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	RS 22
C g-6	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 19
C g-15	TUG	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	RS 19

TS1

Circuito	Conductor		Diámetro [mm]	Sección [mm ²]				Canalización
	Sección	Tipo		Conductor	PE	Total	Caño	
C 1-1	1x(2x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,4	120,76	30,19	150,95	431,30	RS 32
C 1-3	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C 1-4	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C 1-5	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
CS 1 ^a	1x(4x4)	IRAM 2178 XLPE	15,1	179,08	35,26	214,34	612,39	RS 32

TS4

Circuito	Tipo	Conductor		Canalización
		Sección	Tipo	
C 4-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 4-2	TUE	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	RS 19
C 4-3	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 19
C 4-4	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 25
C 4-5	ACU	3x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	
C 4-6	ACU	2x(1x2,5)	IRAM 247-3 PVC	

TS5

Circuito	Tipo	Conductor		Canalización
		Sección	Tipo	
C 5-1	IUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	RS 22
C 5-2	IUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	RS 22

TS6

Circuito	Tipo	Conductor		Canalización
		Sección	Tipo	
C 6-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 6-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 6-3	TUG	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	RS 19
C 6-4	TUG	2x(1x4)	IRAM 247-3 PVC	RS 19
C 6-5	TUE	2x(1x6)	IRAM 247-3 PVC	RS 22

TS7

Circuito	Tipo	Conductor		Canalización
		Sección	Tipo	
C 7-1	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 7-2	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 7-3	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 7-4	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 7-5	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16
C 7-6	IUG	2x(1x1,5)	IRAM 247-3 PVC	RS 16

Al mismo tiempo, también se canalizan las bajadas de los circuitos ACU y tableros para tomacorrientes industriales desde las bandejas portacables hasta los puntos de consumo. Por lo tanto, a continuación se detallan dichas canalizaciones por tablero:

TSG

Circuito	Conductor		Diámetro [mm]	Sección [mm ²]				Canalización
	Sección	Tipo		Conductor	PE	Total	Caño	
C g-2	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C g-3	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C g-4	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C g-5	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C g-7	1x(3x6)	IRAM 2178 PVC	15,0	176,71	50,27	226,98	648,51	RS 38
C g-8	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C g-9	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C g-10	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C g-11	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C g-12	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	13,0	132,73	43,01	175,74	502,12	RS 32
C g-13	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C g-14	1x(3x50)	IRAM 2178 PVC	25,0	490,87	107,51	598,39	1709,68	Bandeja
CS ga	1x(4x6)	IRAM 2178 PVC	16,0	201,06	50,27	251,33	718,08	RS 38

TS2

Circuito	Conductor		Diámetro [mm]	Sección [mm ²]				Canalización
	Sección	Tipo		Conductor	PE	Total	Caño	
C 2-1	1x(3x25)	IRAM 2178 PVC	25,0	490,87	76,98	567,85	1622,43	RS 51
C 2-2	1x(3x4)	IRAM 2178 PVC	13,0	132,73	43,01	175,74	502,12	RS 32
C 2-3	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C 2-4	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32

TS3

Circuito	Conductor		Diámetro [mm]	Sección [mm ²]				Canalización
	Sección	Tipo		Conductor	PE	Total	Caño	
C 3-1	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C 3-2	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C 3-3	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C 3-4	1x(3x2,5)	IRAM 2178 XLPE	12,9	130,70	30,19	160,89	459,68	RS 32
C 3-5	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 3-6	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 3-7	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 3-8	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 3-9	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 3-10	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 3-11	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 3-12	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32

TS5

Circuito	Conductor		Diámetro [mm]	Sección [mm ²]				Canalización
	Sección	Tipo		Conductor	PE	Total	Caño	
C 5-3	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 5-4	1x(3x10)	IRAM 2178 PVC	17,0	226,98	62,21	289,19	826,26	RS 38
C 5-5	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
C 5-6	1x(3x2,5)	IRAM 2178 PVC	11,0	95,03	30,19	125,22	357,78	RS 32
CS 5 ^a	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	14,6	167,42	43,01	210,42	601,21	RS 32
CS 5 ^b	1x(4x4)	IRAM 2178 PVC	14,6	167,42	43,01	210,42	601,21	RS 32

Canalizaciones mediante bandejas portacables:

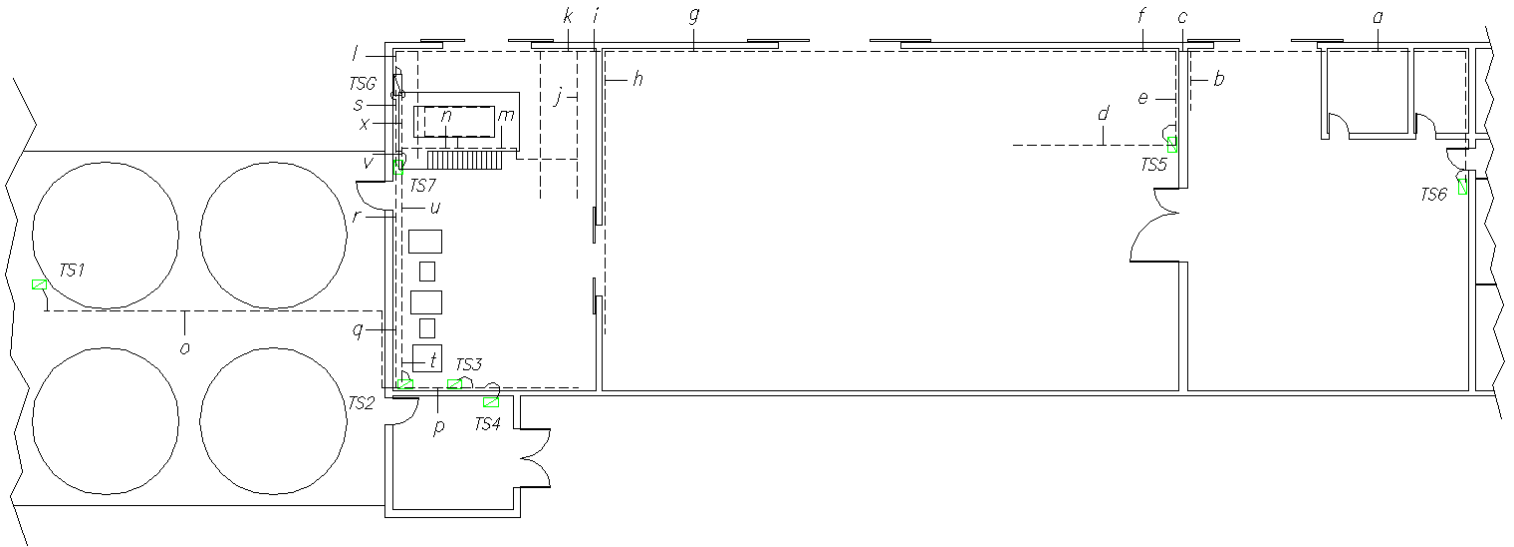
Las bandejas portacables son de fondo perforado, con tapa, fabricadas con chapas de acero al carbono con tratamiento superficial de galvanizado y canalizan todos los circuitos seccionales y algunos circuitos terminales.

Las bandejas se calculan por tramos, sumando el diámetro exterior de los cables que se canalizan en cada uno de los trayectos indicados en el esquema. Un gran porcentaje de los conductores están en contacto, mientras que algunos circuitos por estar comprometidos con el cálculo de la corriente admisible están separados dos diámetros y se suma también el diámetro del conductor de protección eléctrica, el cual es único en cada bandeja. Además, para finalizar el cálculo se debe considerar un 20% de espacio libre. Por último las bandejas se seleccionan de un catálogo de fabricante.

Cabe aclarar que existen tres ramales principales que parten del TSG y cubren toda la planta. A partir de estos tres, se derivan porciones de bandejas que alcanzan los distintos tableros seccionales y de la totalidad de las bandejas se realizan las bajadas para la conexión de los circuitos terminales. Incluso se utilizan bandejas para suspender luminarias, lo cual se realiza a través de una grapa de suspensión de parante y artefacto, seleccionada del mismo catálogo, para no permitir que se dañe la aislación de los conductores, y se emplea la misma bandeja para canalizar tanto los conductores del circuito IUG correspondiente a dichos artefactos como también los circuitos que sea necesario.



Esquema del sistema de bandejas en la planta:



Descripción del cálculo del ancho de las bandejas por tramo:

Tramo	Circuitos	PE [mm ²]	Suma de diámetros [mm]	20% libre [mm]	Ancho total [mm]	Ancho elegido [mm]
a	1	16	35,8	9,0	44,8	50
b	2	4	35,0	8,8	43,8	50
c	3	16	63,4	15,9	79,3	100
d	3	10	47,9	12,0	59,9	100
e	4	16	133,8	33,5	167,3	200
f	5	16	158,1	39,5	197,6	200
g	3	16	132,5	33,1	165,6	200
h	3	2,5	39,2	9,8	49,0	50
i	6	16	165,5	41,4	206,9	300
j	2	2,5	28,2	7,1	35,3	50
k	8	16	187,5	46,9	234,4	300
l	9	16	205,5	51,4	256,9	300
m	4	25	123,5	30,9	154,4	200
n	9	25	189,0	47,3	236,3	300
o	5	10	115,6	28,9	144,5	150
p	12	16	218,2	54,6	272,8	300
q	9	16	222,4	55,6	278,0	300
r	2	16	106,2	26,6	132,8	300
s	4	16	229,7	57,4	287,1	300
t	6	16	196,4	49,1	245,5	300
u	3	16	143,6	35,9	179,5	200
v	2	16	35,7	8,9	44,6	200
x	8	25	185,8	46,5	232,3	300

Barras de distribución

El único tablero de la planta que tiene instalado barras de distribución es el TSG y las mismas deben verificar, tanto por corriente admisible como por esfuerzos de flexión. La corriente admisible se obtiene de la tabla 771.16.XII de la Reglamentación y los esfuerzos se calculan según la Norma IRAM 2358

Los datos del juego de barras son los siguientes:

	Características
Material	Cobre
Longitud	600mm
Ancho	$h = 40mm$
Espesor	$b = 5mm$
Cantidad de apoyos	2
Distancia entre apoyos	$l = 550mm$
Distancia entre ejes de barras	$a_s = 80mm$

Para las dimensiones de la barra de $40 \times 5 [mm \times mm]$, ancho por espesor respectivamente, para barras de cobre desnuda y corriente alterna de $50Hz$, se obtiene de la tabla mencionada una corriente admisible de $482A$, que es mayor que la corriente de cálculo que ingresa al TSG $I_B = 350,14A$, por lo tanto se verifica que el juego de barras soporta la corriente total.

De acuerdo a la Norma IRAM 2358, el esfuerzo de flexión que soportan las barras durante un cortocircuito trifásico debe ser menor a la tensión del límite de fluencia del material, con el fin de evitar deformaciones permanentes que comprometan la seguridad de funcionamiento.

Para calcular el esfuerzo o tensión de flexión, se definen previamente una serie de parámetros con sus respectivas unidades que intervendrán en las ecuaciones:

Parámetros	Unidades
J : momento de inercia	cm^4
E : módulo de elasticidad	N/mm^2
δ : densidad del material	kg/m^3
m' : masa por unidad de longitud	kg/m
γ : coeficiente de frecuencia natural	----
f_c : frecuencia natural	Hz
f : frecuencia de la red	Hz
I_{k3}'' : corriente de cortocircuito trifásica	kA
i_{p3} : valor de cresta de la corriente de cortocircuito	kA
F_{m3} : fuerza sobre la barra durante el cortocircuito	N
Z : módulo resistente	cm^3
β : coeficiente de la barra	----
V_σ : relación entre esfuerzo dinámico y estático	----
V_r : relación entre esfuerzos con o sin recierre automático	----
q : coeficiente de deformación	----
$R_{p0,2}$: Límite de fluencia	N/mm^2
V_f : relación entre esfuerzo dinámico y estático en soporte	----

La fuerza durante un cortocircuito trifásico se obtiene como: $F_{m3} = 0,2 \cdot i_{p3}^2 \cdot \frac{l}{a_s} \cdot 0,87$

donde:

$$i_{p3} = \sqrt{2} \cdot I_{k3}'' = \sqrt{2} \cdot I_{kTSG}'' = \sqrt{2} \cdot 10,613 = 15,009 \text{ kA}$$

$$l = 0,55 \text{ m}$$

$$a_s = 0,08 \text{ m}$$

$$\text{Entonces: } F_{m3} = 0,2 \cdot 15,009^2 \cdot \frac{0,55}{0,08} \cdot 0,87 = 269,48 \text{ N}$$

La tensión de flexión se determina a partir de: $\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot Z}$

donde:

$\beta = 1$, de la tabla 2, para dos soportes simples.

V_σ y V_r se obtienen de la relación entre las frecuencias natural y de la red.

$$l = 0,55 \text{ m}$$

$$Z = \frac{b \cdot h^2}{12} = \frac{0,5 \cdot 4^2}{12} = 1,33 \text{ cm}^3$$

La frecuencia natural de la barra se calcula a partir de: $f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{m'}}$

donde:

$\gamma = 0,157$, de la tabla 2, para dos soportes simples.

$$l = 0,55 \text{ m}$$

$$E = 110000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,5 \cdot 4^3}{12} = 2,667 \text{ cm}^4$$

$$m' = \delta \cdot b \cdot h = 8960 \cdot 0,005 \cdot 0,04 = 1,792 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Entonces: } f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{m'}} = \frac{0,157}{0,55^2} \cdot \sqrt{\frac{110000 \cdot 2,667}{1,792}} = 210 \text{ Hz}$$

La relación entre la frecuencia natural y la de la red es: $\frac{f_c}{f} = \frac{210}{50} = 4,2$

En función de esta relación y de acuerdo a la figura 4 y figura 5 se obtienen los siguientes coeficientes:

$$V_\sigma = 1$$

$$V_f = 1,1$$

$$V_r = 1$$

$$\text{Entonces: } \sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot Z} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{269,48 \cdot 0,55}{8 \cdot 1,33} = 13,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

La fuerza máxima de flexión sobre los soportes vale: $F_d = V_f \cdot V_r \cdot \alpha \cdot F_{m3}$

donde:

$\alpha = 0,5$, de la tabla 2, para dos soportes simples.

Entonces: $F_d = 1,1 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 269,48 = 148,21N$

Para que el juego de barras resista el esfuerzo se debe verificar que: $\sigma_m \leq q \cdot R_{p0,2}$

donde:

$q = 1,5$, de la tabla 3, para sección rectangular.

$$R_{p0,2} = 250 \frac{N}{mm^2}$$

Entonces: $\sigma_m = 13,9 \frac{N}{mm^2} \leq q \cdot R_{p0,2} = 1,5 \cdot 250 = 375 \frac{N}{mm^2}$

De esta forma, se puede concluir que:

El juego de barras resiste el esfuerzo debido al cortocircuito trifásico.

Los soportes deberán resistir una fuerza dinámica de 148,21N .

Cómputo y especificación de materiales

El cómputo se efectúa a partir de la salida del Circuito Seccional General, desde el Tablero Principal.

1- Tableros

Ítem	Especificación	Unidad	Cantidad
01	Gabinete metálico Moeller CS 1212/250 con dimensiones: alto: 1200 mm, ancho: 1200 mm y profundidad: 250 mm	Unidades	1
02	Gabinete metálico Moeller CS 65/250 con dimensiones: alto: 600 mm, ancho: 500 mm y profundidad: 250 mm	Unidades	1
03	Gabinete metálico Moeller CS 86/250 con dimensiones: alto: 800 mm, ancho: 600 mm y profundidad: 250 mm	Unidades	1
04	Gabinete metálico Moeller CS 106/250 con dimensiones: alto: 1000 mm, ancho: 600 mm y profundidad: 250 mm	Unidades	1
05	Gabinete metálico Moeller CS 64/250 con dimensiones: alto: 600 mm, ancho: 400 mm y profundidad: 250 mm	Unidades	1
06	Gabinete metálico Moeller CS 88/200 con dimensiones: alto: 800 mm, ancho: 800 mm y profundidad: 200 mm	Unidades	1
07	Gabinete metálico Moeller CS 54/250 con dimensiones: alto: 500 mm, ancho: 400 mm y profundidad: 250 mm	Unidades	1
08	Gabinete metálico Moeller CS 43/200 con dimensiones: alto: 400 mm, ancho: 300 mm y profundidad: 200 mm	Unidades	1
09	Tablero Compacto estanco para tomacorrientes industriales modelo Kaedra con capacidad para seis tomacorrientes de $90 \times 100mm$	Unidades	4
10	Interruptor manual	Unidades	1
11	Limitador de sobretensiones transitorias de clase II QUICK PRD 40r de $40kA$, que incluye un interruptor automático C60H de $40A$ y un limitador PF 40/ PRD 40r.	Unidades	1
12	Seccionador fusible 02 de 400 A, gL/gG, $U_N = 500 V$ y capacidad de ruptura de $200 kA$, con portafusible	Unidades	3
13	Interruptor termomagnético, COMPACT NS400, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 94 kA, IEC 60898, $4 \times 400 A$	Unidades	1
14	Barra de cobre de 0,6 m de longitud, 40 mm de ancho y 5 mm de espesor	Unidades	3
15	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $4 \times 80 A$	Unidades	4
16	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $4 \times 63 A$	Unidades	2
17	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $4 \times 50 A$	Unidades	2
18	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $4 \times 40 A$	Unidades	4
19	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $4 \times 25 A$	Unidades	2
20	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $4 \times 20 A$	Unidades	2
21	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, $4 \times 25 A$	Unidades	6
22	Interruptor termomagnético, C120H curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $3 \times 50 A$	Unidades	1
23	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, $3 \times 25 A$	Unidades	1

24	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, 3×16 A	Unidades	1
25	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, 3×10 A	Unidades	10
26	Interruptor termomagnético, C60H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 10 kA, IEC 60898, 3×63 A	Unidades	1
27	Interruptor termomagnético, C60H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 10 kA, IEC 60898, 3×20 A	Unidades	2
28	Interruptor termomagnético, C60H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 10 kA, IEC 60898, 3×16 A	Unidades	3
29	Interruptor termomagnético, C60H, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 10 kA, IEC 60898, 3×10 A	Unidades	10
30	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, 3×32 A	Unidades	1
31	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, 3×20 A	Unidades	1
32	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, 3×16 A	Unidades	6
33	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 380 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, 3×10 A	Unidades	3
34	Interruptor termomagnético, C120H, curva C, 220 V, capacidad de ruptura 15 kA, IEC 60898, 2×20 A	Unidades	2
35	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 220 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, 2×20 A	Unidades	1
36	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 220 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, 2×16 A	Unidades	2
37	Interruptor termomagnético, C60N, curva C, 220 V, capacidad de ruptura 6 kA, IEC 60898, 2×10 A	Unidades	7
38	Interruptor termomagnético, P60, curva C, 220 V, capacidad de ruptura 4,5 kA, IEC 60898, 2×25 A	Unidades	1
39	Interruptor termomagnético, P60, curva C, 220 V, capacidad de ruptura 4,5 kA, IEC 60898, 2×20 A	Unidades	3
40	Interruptor termomagnético, P60, curva C, 220 V, capacidad de ruptura 4,5 kA, IEC 60898, 2×10 A	Unidades	4
41	Interruptor diferencial, 30 mA, 4×40 A	Unidades	7
42	Interruptor diferencial, 30 mA, 4×25 A	Unidades	10
43	Interruptor diferencial, 30 mA, 2×25 A	Unidades	2
44	Contactador WEG, modelo CWM65, 110 A	Unidades	2
45	Contactador WEG, modelo CWM50, 90 A	Unidades	1
46	Contactador WEG, modelo CWM40, 60 A	Unidades	1
47	Contactador WEG, modelo CWM25, 45 A	Unidades	1
48	Contactador WEG, modelo CWM18, 32 A	Unidades	1
49	Contactador WEG, modelo CWM12, 25 A	Unidades	4
50	Contactador WEG, modelo CWM9, 25 A	Unidades	32
51	Relevo térmico WEG, modelo RW67-2D3, rango 50-63 A	Unidades	1
52	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 15-23 A	Unidades	1
53	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 11-17 A	Unidades	1
54	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 10-15 A	Unidades	3
55	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 8-12,5 A	Unidades	2
56	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 7-10 A	Unidades	8
57	Relevo térmico WEG, modelo RW27-1D3, rango 4-6,3 A	Unidades	8

58	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 2,8-4 A	Unidades	4
59	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 1,8-2,8 A	Unidades	10
60	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 0,8-1,2 A	Unidades	1
61	Relevo térmico WEG, modelo RW67-1D3, rango 0,28-0,4 A	Unidades	1
62	Temporizador WEG, modelo RTW-ET	Unidades	1

2- Cables

Ítem	Especificación	Unidad	Cantidad
01	Cable tetrapolar de Cu $3 \times 95/50mm^2$ IRAM 2178 XLPE	m	130
02	Cable tetrapolar de Cu $3 \times 35/16mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	34,9
03	Cable tetrapolar de Cu $3 \times 25/16mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	62,2
04	Cable tetrapolar de Cu $4 \times 16mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	14,5
05	Cable tetrapolar de Cu $4 \times 10mm^2$ IRAM 2178 XLPE	m	45,5
06	Cable tetrapolar de Cu $4 \times 6mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	17,0
07	Cable tetrapolar de Cu $4 \times 4mm^2$ IRAM 2178 XLPE	m	3,2
08	Cable tetrapolar de Cu $4 \times 4mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	21,2
09	Cable tripolar de Cu $3 \times 50mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	15,4
10	Cable tripolar de Cu $3 \times 25mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	7,4
11	Cable tripolar de Cu $3 \times 10mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	6,7
12	Cable tripolar de Cu $3 \times 6mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	6,7
13	Cable tripolar de Cu $3 \times 4mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	21,9
14	Cable tripolar de Cu $3 \times 2,5mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	164,4
15	Cable tripolar de Cu $3 \times 2,5mm^2$ IRAM 2178 XLPE	m	161,8
16	Cable bipolar de Cu $2 \times 4mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	38,5
17	Cable bipolar de Cu $2 \times 2,5mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	73,8
18	Cable bipolar de Cu $2 \times 2,5mm^2$ IRAM 2178 XLPE	m	20,3
19	Cable bipolar de Cu $2 \times 1,5mm^2$ IRAM 2178 PVC	m	13,1
20	Conductor unipolar de Cu $1 \times 50mm^2$ IRAM 2178 XLPE	m	130,0
21	Conductor unipolar de Cu $1 \times 6mm^2$ IRAM NM 247-3 PVC	m	423,2
22	Conductor unipolar de Cu $1 \times 4mm^2$ IRAM NM 247-3 PVC	m	318,7
23	Conductor unipolar de Cu $1 \times 2,5mm^2$ IRAM NM 247-3 PVC	m	62,3
24	Conductor unipolar de Cu $1 \times 1,5mm^2$ IRAM NM 247-3 PVC	m	393,8

3- Luminarias

Ítem	Especificación	Unidad	Cantidad
01	Modelo Hidro 236, 2x36 W	Unidades	29
02	Modelo Strip 136, 1x36 W	Unidades	4
03	Modelo Hidro 258, 2x58 W	Unidades	18
04	Modelo Comfort 236, 2x36 W	Unidades	8
05	Reflector con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400 W modelo JETA 6, con IP65	Unidades	1
06	Lámpara de descarga (mezcladora) de 250 W	Unidades	12

4- Bandejas portacables

Ítem	Especificación	Unidad	Cantidad
01	Tramo recto de 50 mm de ancho	m	45
02	Curva a 90° de 50 mm de ancho	Unidades	1
03	Unión cruz a 90° de 50 mm de ancho	Unidades	4
04	Tramo recto de 100 mm de ancho	m	6
05	Unión T a 90° de 100 mm de ancho	Unidades	1
06	Tramo recto de 150 mm de ancho	m	16
07	Curva a 90° de 150 mm de ancho	Unidades	2
08	Tramo recto de 200 mm de ancho	m	8
09	Unión T a 90° de 200 mm de ancho	Unidades	1
10	Curva a 90° de 200 mm de ancho	Unidades	3
11	Tramo recto de 300 mm de ancho	m	35
12	Curva a 90° de 300 mm de ancho	Unidades	1
13	Unión T a 90° de 300 mm de ancho	Unidades	5

5- Caños

Ítem	Especificación	Unidad	Cantidad
01	Caño RS 16 IRAM 2005	m	197
02	Caño RS 19 IRAM 2005	m	164
03	Caño RS 22 IRAM 2005	m	212
04	Caño RS 25 IRAM 2005	m	9
05	Caño RS 32 IRAM 2005	m	119
06	Caño RS 38 IRAM 2005	m	5
07	Caño RS 51 IRAM 2005	m	3

6- Elementos de líneas de circuitos terminales

Ítem	Especificación	Unidad	Cantidad
01	Módulo tomacorrientes, 220 V, 10 A	Unidades	53
02	Módulo tomacorrientes, 220 V, 20 A	Unidades	62
03	Módulo interruptor de simple efecto, 220 V, 10 A	Unidades	15
04	Caja de derivación	Unidades	28

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN **DEL PROCESO PRODUCTIVO**

Evaluación del proceso y sugerencias para su optimización

La evaluación consiste en la medición de tiempos del proceso productivo con el fin de obtener datos y el análisis de los mismos.

Debido a la diversidad de productos que se elaboran, el análisis se efectuó sobre un solo bien, el cual fue elegido de acuerdo a las dificultades que conlleva su producción. De esta forma se optó por uno de los productos F1, que es uno de los más demandados y que mayor tiempo requiere para su elaboración.

Este F1 es un concentrado proteico pelleteado para novillos y está compuesto, cada 500kg que representa una tanda, por:

- * 320kg de girasol
- * 5kg de urea
- * 125kg de afrechillo
- * 50kg de núcleo mineral vitamínico

Mediciones

Para realizar las mediciones se contó con un cronómetro y se tomaron los tiempos de las distintas etapas del proceso. Esto permite identificar la fase más lenta, es decir el cuello de botella, sobre la cual es necesario tomar medidas para mejorar la productividad. Al mismo tiempo es posible hacer correcciones sobre otras etapas, pero esto puede no generar un aumento en la producción.

Se debe aclarar que los tiempos tomados son aproximados, pues las mediciones pueden no representar el tiempo real de cada etapa y esto se debe a que no puede verse claramente el fin de cada una de ellas.

Los tiempos que se tomaron corresponden a las siguientes etapas:

- * Llenado de la balanza
- * Descarga de la balanza
- * Llenado y descarga del silo de la moledora y molido
- * Mezclado
- * Descarga de la mezcladora
- * Pelleteado

Además se tomaron los tiempos de producción de otros tres productos, los cuales sirven como comparación para determinar la etapa más lenta y para ayudar a evaluar el cambio que se proponga.

Uno de los tres productos seleccionados es un concentrado proteico para aves (Producto A), que se vende mezclado y no pelleteado. Este producto está compuesto, cada 500kg, por:

- * 350kg de maíz
- * 100kg de soja
- * 50kg de núcleo mineral vitamínico

Otro de los productos del cual se tomaron mediciones se produce pelleteado (Producto B), y está formado cada 500kg por:

- * 450kg de girasol
- * 12,5kg de sorgo
- * 32,5kg de minerales
- * 5kg de urea.

El tercero es otro tipo de F1 (Producto C), finaliza su proceso en la mezcladora y está compuesto cada 500kg por:

- * 450kg de girasol
- * 50kg de núcleo mineral vitamínico

Los tiempos tomados para el producto F1 fueron los siguientes:

Etapa	Tiempos		
Llenado de la balanza	2' 31"		
Descarga de la balanza	4' 02"	4' 09"	
Molido	9' 44"	8' 49"	
Mezclado	7' 00"	6' 31"	6' 32"
Descarga de la mezcladora	3' 10"	3' 04"	
Pelleteado	33' 43"		

Los tiempos del resto de los productos se detallan a continuación:

Etapa	Tiempos				
	Producto A	Producto B	Producto C		
Llenado de la balanza	1' 12"	2' 30"		2' 25"	
Descarga de la balanza	1' 46"	2' 25"	2' 20"	2' 30"	2' 43"
Molido	4' 51"	6' 50"	7' 10"	6' 43"	6' 53"

Análisis de los tiempos

De acuerdo a las mediciones, se puede observar claramente en todos los productos que la etapa con mayor duración es la de molido y por lo tanto es la adecuada para ser mejorada.

Se puede apreciar, en el caso del producto F1, que también el mezclado demanda una cantidad significativa de tiempo, pero esto se debe a que es innecesario acortar el tiempo de mezclado ya que para volver a mezclar es inevitable esperar que finalice la etapa anterior de molido. De esta forma, los ingredientes permanecen en esta fase de modo que la suma de los tiempos de mezclado y descarga de la mezcladora sea menor o igual al tiempo de molido, para iniciar a continuación un nuevo ciclo. El tiempo aproximado que debe durar el proceso de mezclado varía entre 3 y 5 minutos, dependiendo del contenido graso y líquido que se le adicione a la mezcla.

Es conveniente mencionar, que los tiempos también dependen de la velocidad de las máquinas, y la rapidez de las mismas se controla en función del tipo de cereal y duración del resto de las etapas. Uno de los casos corresponde a la pelleteadora, cuyo motor trabaja al 50% para fabricar el F1 ya que debe esperar que concluya el proceso de mezclado, reduciendo así su capacidad a la mitad. Otro de los casos afecta a la etapa de molido, pues el regulador de velocidad hace trabajar al motor de la moledora entre 40 y 50 rpm, de acuerdo al tipo de cereal, originando un proceso más lento cuando se utilizan materias primas de baja densidad, pues ocupan un mayor volumen pudiendo obstruir no solo la moledora sino también los medios de transportes que acarrean los materiales.

Solución

La propuesta para mejorar la productividad consiste en permitir que uno de los cereales deje de ingresar al proceso productivo en la primera etapa y lo haga directamente en la mezcladora, logrando una reducción del tiempo de molienda.

La propuesta hace referencia al afrechillo de trigo, un cereal que en general se adquiere molido y que por lo tanto es innecesario su paso por la moledora. Además, el

afrechillo tiene una densidad del orden de los $300 \frac{kg}{m^3}$, lo cual implica un gran volumen de cereal, generando que las velocidades de las distintas etapas sea inferior a la de un producto sin afrechillo. Por ambas razones, evitando su ingreso por la tolva de la balanza, se permite el ahorro de una cierta cantidad de tiempo que se ve reflejado en un aumento de la productividad.

De esta forma, es necesario un sistema que acarree el afrechillo desde el silo hasta la parte superior de la mezcladora, el cual se debe seleccionar, dimensionar y evaluar económicamente.

Evaluación de la solución planteada

A partir del análisis de los tiempos tomados y la propuesta de solución, es necesario hacer una evaluación de los cambios que se producirán en la producción y para esto se van a utilizar los datos del producto C por estar compuesto casi en su totalidad de girasol.

Teniendo en cuenta que el núcleo se vierte directamente en la mezcladora, los tiempos medidos de las tres primeras etapas para el producto C corresponden a los tiempos del girasol, por lo que comparando con los tiempos del producto F1 se pueden obtener los lapsos en los cuales el afrechillo atraviesa esas mismas etapas.

En un primer paso se expresan los tiempos promedios para el girasol en segundos, de acuerdo al producto C:

Etapas	Girasol por 450kg	Girasol por 100kg
Llenado de la balanza	145s	32s
Descarga de la balanza	157s	35s
Molido	408s	91s

A continuación los tiempos del F1 en segundos:

Etapas	F1 por 500kg
Llenado de la balanza	151s
Descarga de la balanza	246s
Molido	557s
Mezclado	401s
Descarga de la mezcladora	187s

A partir de la etapa de mezclado no se compara ya que no hay ninguna modificación en el proceso, mientras que la duración de las tres primeras etapas, para el producto sin afrechillo, se puede obtener directamente de la primera tabla y al mismo tiempo comparando ambas se puede apreciar el ahorro de tiempo.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos estimados para 320kg de girasol y así los tiempos del producto F1 en el nuevo sistema:

Etapas	Girasol por 320kg
Llenado de la balanza	$3,2 \cdot 32s = 103s$
Descarga de la balanza	$3,2 \cdot 35s = 111s$
Molido	$3,2 \cdot 91s = 290s$

De esta forma se puede divisar una disminución del tiempo en la etapa de molido de 557s a 290s, es decir un ahorro de $557 - 290 = 267s$. Este período más corto de molienda es de 4 min 50s, por lo que también se puede reducir el tiempo de mezclado y disminuirlo hasta el mínimo de 3min.

El inconveniente surge en este momento, pues con los valores obtenidos la etapa de mezclado se transforma en la que limita los tiempos de producción, es decir que cambia el lugar del cuello de botella. Esto se debe a que la descarga de la mezcladora se efectúa en poco más de tres minutos, a lo que se le suma el tiempo de mezclado de otros tres minutos, lo cual equivale a un tiempo total de aproximadamente 6min que supera ampliamente los casi 5min en la moledora.

Sabiendo que el sistema de descarga es propio de la mezcladora y que no puede reducirse el tiempo de mezclado, se asume que los ciclo de producción comienzan cada seis minutos, por lo tanto se tienen 10 ciclos por hora, lo que equivale a una producción de $10 \cdot 500 = 5000 \text{ kg/h}$ y a un aumento de aproximadamente $(10 - 6) \cdot 500 = 2000 \text{ kg/h}$.

Sistema seleccionado

Con el fin de lograr lo propuesto se elige el transporte neumático como el indicado para el acarreo del afrechillo y la instalación se dimensiona de acuerdo al manual técnico de la EEUA "Transporte neumático de materiales pulverulentos".

El sistema de transporte cuenta con un conducto principal, a través del cual se transporta el cereal, dos canales que unen dicho conducto con ambos silos que contienen el afrechillo, un ciclón que se encarga de separar el aire del cereal, una turbina de aspiración ubicada al final de la línea de transporte cuya función es aportar la energía para la circulación de la mezcla, una esclusa a la salida del ciclón, una tolva sobre la mezcladora con un sistema de pasaje y un conducto que comunica el ciclón con la tolva, lo cual se puede apreciar en el plano 03-01.

Descripción del sistema

El transporte neumático es el sistema de acarreo que genera el movimiento de sólidos formados por partículas y mezclados con aire, utilizando la diferencia de presión entre los extremos de la cañería y usando al aire como fluido de transporte. La proporción entre ambos componentes debe ser la correcta para lograr la fluidización, es decir que la masa de aire y polvo se asemeje a un fluido y pueda manipularse como tal.

La diferencia de presión puede lograrse ya sea introduciendo aire a presión dentro del sistema y aumentando su presión sobre la atmosférica (diferencia positiva de presión) o dejando entrar aire a la presión atmosférica en un sistema de menor presión (diferencia negativa de presión). El sistema adoptado es el segundo, pues es conveniente en casos en los que hay más de una boca de entrada y solo una boca de salida.

La diferencia de presión negativa se consigue permitiendo la entrada de aire a la presión atmosférica en el extremo inicial del conducto y creando un vacío o una presión por debajo de la atmosférica en el extremo final de la línea de transporte, generando así una corriente de aire desde el sector de mayor presión al de menor. En consecuencia, la velocidad del aire arrastra el cereal desde una nueva boca del silo hacia el ciclón separador. El equipo encargado de crear el vacío es una turbina que cumple la función de aspirador, que se selecciona de un catálogo de acuerdo a la potencia y a su capacidad de crear un gradiente de presión, garantizando así que pueda aportar la energía necesaria para lograr el movimiento esperado.

El conducto principal se dimensiona de acuerdo a una serie de parámetros como son la velocidad y el caudal de la mezcla, la densidad del material y la relación entre el cereal y el aire. Una vez dimensionado se selecciona el caño con un diámetro normalizado mayor al calculado y se procede a dimensionar el resto del sistema.

La mezcla transportada por el conducto tiene una importante cantidad de aire que no puede llegar hasta la mezcladora, por lo tanto es necesario un ciclón que se encargue de la separación. La mezcla ingresa tangencialmente cerca de la tapa y el flujo es forzado en una espiral hacia abajo, ya que la fuerza y la inercia centrífugas causan el movimiento de las partículas hacia fuera, chocando con la pared externa y después resbalando hacia abajo hasta el fondo del dispositivo. Cerca del fondo del ciclón el aire invierte su espiral y se mueve hacia arriba en un espiral interno más pequeño, para introducirse en un tubo interior, pasando luego por la turbina para finalmente salir al exterior, mientras que las partículas se depositan en el fondo del ciclón y salen del mismo a través de una válvula rotatoria o esclusa que impide el paso del aire junto al cereal.

Antes de abordar la última etapa de descarga es necesario aclarar que el proceso de transporte no puede ser continuo, y esto se debe a que antes de ingresar a la mezcladora el cereal debe ser almacenado en una tolva para determinar su peso. Entonces, esto significa que en el momento de completar la cantidad requerida de afrechillo para un producto, el transporte debe detenerse por un momento. Esto hace necesario no solo una tolva, sino también un sistema de pesaje que incluya una celda de carga y ambas se deben dimensionar para una cantidad de afrechillo para hacer frente a cualquier tipo de producto.

Cálculo del sistema de transporte

De acuerdo a las conclusiones obtenidas de los tiempos medidos, se toma para los cálculos que un ciclo dura 6min, es decir que la frecuencia es de 10 ciclos por hora. Además se va a tener en cuenta que el sistema de transporte puede acarrear un máximo de 300kg de afrechillo en cada ciclo.

Si el proceso de transporte fuera continuo lo dicho anteriormente equivaldría a un caudal másico de: $Q_m = 10 \cdot 300 = 3000 \frac{kg}{h}$ y tomando una densidad aproximada de:

$$\rho = 300 \frac{kg}{m^3} \text{ se obtendría un caudal volumétrico de: } Q_v = \frac{3000}{300} = 10 \frac{m^3}{h}.$$

Considerando ahora un sistema discontinuo, se toma un tiempo de 2min para la descarga de la tolva, con lo cual la turbina deberá transportar los 300kg o $1m^3$ del cereal en 4min, lo que significa que el caudal volumétrico será de: $Q_v = \frac{1m^3}{4 \text{ min}} \cdot 60 = 15 \frac{m^3}{h}$ y el caudal másico de $Q_m = 15 \cdot 300 = 4500 \frac{kg}{h}$.

Datos de la instalación:

$$\text{Largo: } L = 16m$$

$$\text{Altura: } H = 8m$$

$$\text{Codos: } N = 2$$

Para comenzar con el proceso de cálculo se tienen que definir un par de parámetros que dependen del material, y debido a que el afrechillo no se encuentra en las tablas del manual, se toma la harina como el material con la densidad más parecida. De esta manera se define la velocidad mínima admisible del aire en la tubería transportadora y el máximo valor admisible de la relación entre el peso del cereal y el volumen del aire:

$$V_{\min} = 4,5 \frac{m}{s}$$

$$\gamma_{\max} = 80 \frac{kg \text{ polvo}}{m^3 \text{ aire}}$$

Ambos valores se hallan en el extremo de entrada.

Aplicando un margen de seguridad del 50% a la velocidad mínima de transporte:

$$V = 4,5 \cdot 1,5 = 6,75 \frac{m}{s}$$

En el recorrido de la tubería la velocidad se reduce y puede tomar un valor menor al de la mínima, lo cual es inaceptable, por lo que se define una velocidad media aplicando un coeficiente que surge de manera experimental:

$$V_m = 6,75 \cdot 1,35 = 9,11 \frac{m}{s}$$

Del mismo modo, de forma experimental se sabe que la relación máxima es excesiva, y en consecuencia se va a tomar un valor medio mucho menor:

$$\gamma_m = 8 \frac{kg}{m^3}$$

El diámetro interno se calcula como:

$$D_i' = \sqrt{\frac{Q_m \cdot 10000}{60 \cdot 15\pi \cdot V_m \cdot \gamma_m}} = \sqrt{\frac{4500 \cdot 10000}{60 \cdot 15\pi \cdot 9,11 \cdot 8}} = 14,78cm$$

Se selecciona un tubo de chapa comercial semipesado de 4mm de espesor y 6 pulgadas de diámetro nominal, que se comercializa en unidades de 6m. El diámetro exterior equivale a $D_e = 168,3\text{mm}$ y el diámetro interno a $D_i = 168,3 - 2 \cdot 4 = 160,3\text{mm}$.

De acuerdo al nuevo valor del diámetro se tienen que corregir los parámetros medios, y despejando de la ecuación del diámetro interno se obtiene:

$$V_m \cdot \gamma_m = \frac{Q_m \cdot 10000}{D_i^2 \cdot 60 \cdot 15\pi} = \frac{4500 \cdot 10000}{16,03^2 \cdot 60 \cdot 15\pi} = 61,94$$

Manteniendo fija la velocidad media, pues es la variable que más cuidado requiere, y a partir de la expresión anterior tenemos que:

$$\gamma_m = \frac{61,94}{V_m} = \frac{61,94}{9,11} = 6,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A continuación se calcula aproximadamente la pérdida de carga en el sistema, mientras que los detalles se encuentran más adelante:

$$P_1 - P_2 = \gamma_m \cdot \left[\frac{V_m^2}{2g} \cdot \left(F_1 + \frac{L \cdot F_2}{D_i} + F_3 \cdot N \right) + H \right] = 227 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0,0227 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Debe verificarse ahora si a los valores medios adoptados corresponden unas condiciones razonables a la entrada de la tubería. Primero se calcula la presión media como:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{0 + -0,023}{2} = -0,0114 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}. \text{ Luego, se aplica la siguiente relación: } \frac{\gamma_1}{P_1} = \frac{\gamma_m}{P_m}$$

y se obtiene la relación γ al inicio:

$$\gamma_1 = \gamma_m \cdot \frac{P_1}{P_m} = 6,80 \cdot \frac{(0 + 10330)}{-114 + 10330} = 6,87 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Este resultado es menor al valor máximo por lo que se verifica. La velocidad al inicio se calcula a partir de que el valor de $V \cdot \gamma$ se mantiene constante a lo largo de toda la tubería. De esta forma:

$$V_1 \cdot \gamma_1 = 61,94 \text{ Entonces } V_1 = \frac{61,94}{6,87} = 9,01 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad al comienzo de la instalación es superior a la propuesta en un principio, por lo tanto queda verificado el sistema.

Cálculo de la pérdida de carga

* Necesidades de energía

La energía necesaria es la utilizada para vencer las diversas resistencias que se oponen al flujo del polvo a través de la tubería transportadora. Esta energía puede expresarse en función de la diferencia de presión de uno a otro extremo de la tubería, del área de la sección transversal de la misma y de la velocidad del aire en el conducto. De esta forma, la potencia consumida en la zona de transporte queda expresada por:

$$PT = (P_1 - P_2) \cdot A \cdot V$$

* Resistencia al flujo

Se considera como tal a la diferencia de presión entre los extremos de la tubería transportadora ($P_1 - P_2$) y es la suma de las caídas de presión ocasionadas por los siguientes componentes:

i- Aceleración del polvo desde el estado de reposo

El polvo entra en el tubo a una velocidad aproximadamente igual a cero y es acelerado hasta la velocidad de transporte, absorbiendo energía en el proceso, la cual puede ser expresada como la diferencia de presión en la tubería y queda dada por:

$$(P_1 - P_2)_A = \frac{F_1}{2g} \cdot V^2 \cdot \gamma \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

Donde F_1 es un coeficiente experimental que corrige las discrepancias entre el valor de la velocidad utilizado y el de la velocidad del polvo después de la aceleración.

ii- Rozamiento en la tubería

Una vez que el polvo ha sido acelerado, es transportado a lo largo de la tubería a velocidad relativamente constante y produce un rozamiento que puede expresarse como una diferencia de presión de la siguiente manera:

$$(P_1 - P_2)_C = \frac{F_2 \cdot L \cdot V^2 \cdot \gamma}{D \cdot 2g} \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

Donde F_2 es un coeficiente que incluye una cantidad de variables indeterminadas y se determina en forma experimental, obteniéndose una curva en función de la velocidad de acarreo.

iii- Cambios de dirección

Los codos producen una resistencia adicional, y la pérdida en los mismos puede expresarse como función de la altura dinámica, por lo tanto:

$$(P_1 - P_2)_{Codos} = F_3 \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \gamma \cdot N \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

Donde F_3 es un coeficiente que relaciona el radio de curvatura del codo y el diámetro de la tubería, cuyos valores se obtienen de ensayos y se tabulan en una tabla.

iv- Fuerzas gravitacionales

El polvo tiene que ser elevado durante su recorrido hasta el punto de descarga, lo cual exigirá una cantidad neta de energía que puede expresarse con la fórmula:

$$(P_1 - P_2)_G = \frac{W \cdot H}{A \cdot 60 \cdot V} = \gamma \cdot H \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

* Resistencia total en la zona de transporte:

Los efectos totales de los componentes mencionados dan la resistencia total al flujo o la diferencia de presión en la zona de transporte y se expresa como:

$$(P_1 - P_2) = (P_1 - P_2)_A + (P_1 - P_2)_C + (P_1 - P_2)_{codos} + (P_1 - P_2)_G$$

$$(P_1 - P_2) = \gamma \cdot \left[\frac{V^2}{2g} \cdot \left(F_1 + \frac{L \cdot F_2}{D} + F_3 \cdot N \right) + H \right] \left[\frac{kg}{m^2} \right]$$

Donde:

$$F_1 = 2,5$$

$$F_2 = 0,025$$

$$F_3 = 0,5$$

$$\gamma = \gamma_m = 6,80 \frac{kg}{m^3}$$

$$V = V_m = 9,11 \frac{m}{s}$$

Entonces:

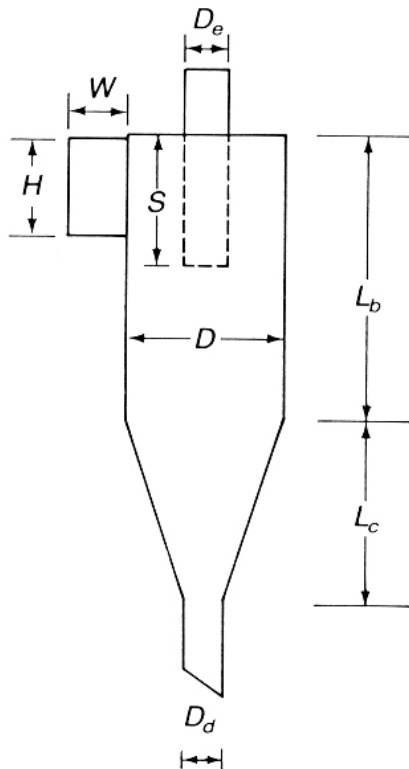
$$(P_1 - P_2) = \gamma \cdot \left[\frac{V^2}{2g} \cdot \left(F_1 + \frac{L \cdot F_2}{D_i} + F_3 \cdot N \right) + H \right] = 6,80 \cdot \left[\frac{9,11^2}{2 \cdot 9,8} \cdot \left(2,5 + \frac{16 \cdot 0,025}{0,160} + 0,5 \cdot 2 \right) + 8 \right] = 227 \frac{kg}{m^2}$$

Cálculo del ciclón separador

Con todos los datos encontrados anteriormente para el sistema de transporte, en primer lugar se va a calcular el gasto de aire libre necesario para el correcto funcionamiento y esto se obtiene como:

$$G = V_m \cdot \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \cdot 60 \cdot \left(\frac{P_m + 10330}{10330} \right) = 9,11 \cdot \frac{\pi \cdot 0,160^2}{4} \cdot 60 \cdot \left(\frac{-114 + 10330}{10330} \right) = 10,91 \frac{m^3}{min} = 654,8 \frac{m^3}{h}$$

Las dimensiones estándar se obtienen de la teoría de Swift (1969), en la cual para un determinado tipo de ciclón, todas las medidas se calculan en función de su diámetro, que a su vez es calculado previamente en relación al caudal que transporta el systema. De acuerdo a la teoría mencionada, se elige el ciclón de eficacia alta y sus medidas en función del diámetro son las siguientes:



Diámetro Del Cuerpo: D/D	1,00
Altura de la entrada: H/D	0,44
Anchura de la entrada, W/D	0,21
Diámetro de la salida del gas, D_e/D	0,40
Longitud del buscador del vórtice, S/D	0,50
Longitud del cuerpo, L_b/D	1,40
Longitud del cono, L_c/D	2,50
Diámetro del enchufe del polvo, D_d/D	0,40

El caudal total que tiene que llegar hasta el ciclón es la suma entre los caudales de afrechillo y el de aire:

$$Q = Q_v + G = 15 + 654,8 = 669,8 \frac{m^3}{h} = 0,186 \frac{m^3}{s}$$

Dicho caudal ingresa al ciclón a través de la entrada rectangular de dimensiones $W \times H$, por lo tanto conociendo la velocidad media calculo el área mediante:

$$A = \frac{Q}{V_m} = \frac{0,186}{9,11} = 0,02m^2 = 204,2cm^2$$

Teniendo la superficie de entrada y usando las relaciones para las dimensiones, puedo calcular el diámetro del cuerpo del ciclón de la siguiente forma:

$$A = W \cdot H = (0,21 \cdot D) \cdot (0,44 \cdot D) = 0,0924 \cdot D^2 = 204,2cm^2$$

$$\text{Entonces: } D = \sqrt{\frac{204,2}{0,0924}} = 47cm$$

Los valores del resto de las medidas se calculan en función del diámetro, como se muestra a continuación:

H	$0,44 \cdot D = 0,44 \cdot 47 = 20,7cm$
W	$0,21 \cdot D = 0,21 \cdot 47 = 9,9cm$
D_e	$0,40 \cdot D = 0,40 \cdot 47 = 18,8cm$
S	$0,50 \cdot D = 0,50 \cdot 47 = 23,5cm$
L_b	$1,40 \cdot D = 1,40 \cdot 47 = 65,8cm$
L_c	$2,50 \cdot D = 2,50 \cdot 47 = 117,5cm$
D_d	$0,40 \cdot D = 0,40 \cdot 47 = 18,8cm$

Selección de la turbina

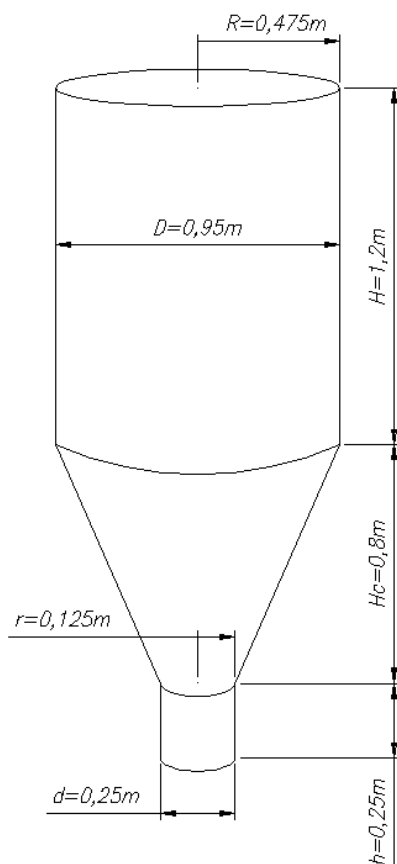
La turbina se selecciona del catálogo de airtècnics y tiene que satisfacer una demanda de caudal superior a $Q = 670 \frac{m^3}{h}$ y una diferencia de presión mayor a $P_1 - P_2 = 0,0227 \frac{kg}{cm^2} = 2226 Pa$.

En consecuencia se adopta un ventilador centrífugo de alta presión con turbina a reacción, formado por una envolvente en chapa de acero soldada y una turbina de alto rendimiento en laminado de acero soldado. Particularmente se elige el modelo MHR 452 de $1,50 kW$ de potencia, con una velocidad de $2800 rpm$, caudal igual a $800 \frac{m^3}{h}$ y presión máxima igual a $3600 Pa$.



Cálculo de la tolva y sistema de pesaje

La tolva utilizada para depositar el afrechillo mientras se pesa, se ubica por encima de la mezcladora y tiene que ser capaz de almacenar al menos $300 kg$ del cereal, por lo tanto un volumen de aproximadamente $1 m^3$. El cuerpo de la tolva se fabrica en forma cilíndrica y la parte de descarga en forma cónica, ambas con chapa comercial #14. Las dimensiones se adoptan con el fin de superar el volumen requerido, y las mismas son las siguientes:



El volumen de la tolva se calcula como sigue:

Volumen del cilindro:

$$V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot H = \pi \cdot 0,475^2 \cdot 1,2 = 0,851 m^3$$

Volumen del cono:

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi \cdot H_c \cdot (R^2 + r^2 + R \cdot r) =$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi \cdot 0,80 \cdot (0,475^2 + 0,125^2 + 0,475 \cdot 0,125) =$$

$$V_2 = 0,252 m^3$$

El volumen total es la suma de ambos:

$$V_t = V_1 + V_2 = 0,85 + 0,25 = 1,10 m^3$$



La tolva se apoya en una estructura de caños de sección cuadrada de $80 \times 80 \text{ mm}$ y $1,6 \text{ mm}$ de espesor y esta a su vez apoyada sobre otra estructura del mismo material y las mismas especificaciones, con base en el piso y donde se encuentra la celda de carga, que junto al acondicionador de señal forman el sistema de pesaje.

Presupuesto

Para determinar el costo fijo total de la instalación se obtienen los precios de los distintos componentes en empresas del medio local y catálogos de fabricantes a través de Internet. Algunos de los valores corresponden a equipos y accesorios que se consiguen directamente de fabricante, mientras que otros corresponden a los materiales con los cuales se fabrican, como son el conducto principal, el ciclón y la tolva, bloques que son elaborados o que requieren algún tipo de trabajo.

Los materiales que se usan son:

- * Caño semipesado de 6" de diámetro nominal, 4 mm de espesor y 6 m de largo: \$1176
- * Chapa comercial #14 de 2 mm de espesor y dimensiones $1,22 \times 2,44 \text{ m}$: \$345
- * Chapa comercial #14 de 2 mm de espesor y dimensiones $1,25 \times 3 \text{ m}$: \$431
- * Caño de dimensiones $80 \times 80 \text{ mm}$, $1,6 \text{ mm}$ de espesor y 6 m de largo: \$189

Para el conducto principal se emplea el tubo de 6", la tolva y el ciclón se fabrican a partir de la chapa comercial #14 y sus estructuras de apoyo se elaboran con los caños de sección cuadrada.

El detalle de los costos fijos en equipos y materiales es el siguiente:

Partes de la instalación	Precio [\$]
Turbina	4390
Chapa para ciclón	690
Caño para conducto principal	4704
Chapa para tolva	1207
Celda de carga	1100
Acondicionador se señal	1700
Caño para estructura de tolva	945
Caño para estructura de ciclón	1134
Esclusa	750
Guillotinas neumáticas	450
Chapa para tubos de salida de silos	345
	17415

El costo fijo de la mano de obra empleada para la elaboración y el montaje de la instalación es aproximadamente de: \$14500.

El costo fijo total es la suma de ambos, por lo tanto el valor es de: \$31915.

Análisis económico

Anteriormente se calculó el costo fijo de la nueva instalación. El otro tipo de costo a afrontar es el operativo, que corresponde al sueldo por mano de obra y la energía eléctrica que se consume en la nueva etapa del proceso que incluye los motores de la turbina y la esclusa.

Para el primero se tiene un costo variable de $15 \frac{\$}{h}$ por cada empleado y teniendo en cuenta que se necesitan dos operarios a la vez para la producción, el costo variable asciende hasta $30 \frac{\$}{h}$.

Para determinar el segundo costo variable, se tiene en cuenta la adición de dos motores de $1,5 kW$ y $0,75 kW$, es decir una potencia total de $2,25 kW$, y se estima un costo de acuerdo a las tarifas de la empresa distribuidora. Conociendo la facturación de energía eléctrica de toda la empresa se considera que un tercio del total corresponde a la planta más chica, y se obtienen los datos de potencia instalada: $104 kW$, y de energía consumida: $22333,33 kWh$ por mes, valores a los cuales se le debe sumar la potencia y la energía consumida de ambos motores.

Análisis marginal

Este estudio permite evaluar económicamente la nueva instalación, teniendo en cuenta los incrementos de la producción, con sus correspondientes incrementos de costos medios, obteniendo como resultado el tiempo en el cual se recupera la inversión.

Cabe aclarar que el estudio se efectúa a partir de valores diarios, que la mano de obra cumple las funciones de producción durante las 24 horas del día y 5 días de la semana, independientemente del cambio propuesto y que se estima que el trabajo efectivo es de 20 horas al día, tiempo en el cual se consume casi la totalidad de la energía eléctrica.

* Costos Variables

Costo de la mano de obra: $30 \frac{\$}{h}$.

Costo diario de la mano de obra: $24 h \cdot 30 \frac{\$}{h} = \$ 720$

La energía eléctrica se factura mensualmente y el costo de la misma se compone del cargo fijo mas el variable, y depende del proceso, ya que varía con la potencia instalada, teniendo de esta forma los siguientes datos:

Sin el cambio:

Costo fijo: $104 kW \cdot 20,369 \frac{\$}{kW} = \$ 2118,38$

Costo fijo diario: $\frac{\$ 2118,38}{20 \text{ días}} = \$ 105,92$

Costo variable: $10400 kWh \cdot 0,2996 \frac{\$}{kWh} + (11933,33) kWh \cdot 0,2806 \frac{\$}{kWh} = \$ 6464,33$

Costo variable diario: $\frac{\$ 6464,33}{20 \text{ días}} = \$ 323,22$

Costo total diario mas iva: $(105,92 + 323,22) \cdot 1,27 = 429,14 \cdot 1,27 = \$ 545$

Con el cambio:

Costo fijo: $106,25 kW \cdot 20,369 \frac{\$}{kW} = \$ 2164,21$

Costo fijo diario: $\frac{\$ 2164,21}{20 \text{ días}} = \$ 108,21$

Energía consumida en el mes: $2,25 kW \cdot 20 \frac{h}{\text{día}} \cdot 20 \text{ día} = 900 kWh$

$$\text{Costo variable: } 10600,25 \text{ kWh} \cdot 0,2996 \frac{\$}{\text{kWh}} + (12833,33) \text{ kWh} \cdot 0,2806 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$ 6721,15$$

$$\text{Costo variable diario: } \frac{\$ 6721,15}{20 \text{ días}} = \$ 336,06$$

$$\text{Costo total diario mas iva: } (108,21 + 336,06) \cdot 1,27 = 444,27 \cdot 1,27 = \$ 564,22$$

El total de los costos variables diarios sin el cambio es de: $720 + 545 = \$ 1265$, mientras que luego del cambio será de: $720 + 564,22 = \$ 1284,22$.

* Determinación de la producción diaria:

Actualmente el cuello de botella es la etapa de molido la cual requiere un tiempo de 557 s , con lo cual se pueden llevar a cabo $\frac{3600 \text{ s/h}}{557 \text{ s}} = 6,46 \frac{\text{bachadas}}{\text{h}}$, cada una de 500 kg , por lo que la producción es de $6,46 \frac{\text{bachadas}}{\text{h}} \cdot 500 \frac{\text{kg}}{\text{bachada}} = 3231,6 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ y la producción diaria alcanza un valor de: $6,46 \frac{\text{bachadas}}{\text{h}} \cdot 20 \text{ h} \cdot 0,5 \frac{\text{t}}{\text{bachada}} = 64,63 \text{ t}$.

Con el nuevo sistema el cuello de botella pasa a ser la etapa de mezclado que necesita un tiempo de 367 s con lo cual se pueden realizar $\frac{3600 \text{ s/h}}{367 \text{ s}} = 9,81 \frac{\text{bachadas}}{\text{h}}$, cada una de 500 kg , por lo que la producción es de $9,81 \frac{\text{bachadas}}{\text{h}} \cdot 500 \frac{\text{kg}}{\text{bachada}} = 4904,6 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$ y la producción diaria se estima en un valor de: $9,81 \frac{\text{bachadas}}{\text{h}} \cdot 20 \text{ h} \cdot 0,5 \frac{\text{t}}{\text{bachada}} = 98,09 \text{ t}$.

* Costo medio

El costo operativo variable medio se calcula como la relación entre el costo operativo y la producción por día.

$$\text{El costo medio sin cambio se expresa como: } CM = \frac{720 \text{ \$/día} + 545 \text{ \$/día}}{64,63 \text{ t/día}} = 19,57 \frac{\$}{\text{t}}$$

mientras que el costo medio con el nuevo sistema de transporte desciende a

$$CM = \frac{720 \text{ \$/día} + 564,22 \text{ \$/día}}{98,09 \text{ t/día}} = 13,09 \frac{\$}{\text{t}}$$

* Costo marginal

El incremento del costo es negativo y se obtiene como la diferencia entre los costos medios, es decir: $13,09 - 19,57 = -6,48 \frac{\$}{\text{t}}$, lo que significa que en el nuevo sistema la tonelada del producto cuesta $\$ 6,48$ menos que antes.

El valor marginal de la producción se consigue mediante la diferencia entre la producción diaria antes y después del cambio, por lo tanto se tienen: $98,09 - 64,63 = 33,46 \text{ t}$ por día, que significa que con el nuevo sistema se logran $33,46 \text{ t}$ más de producto.

Considerando que la inversión es de \$ 31915 y que el decremento del costo medio es de $6,48 \frac{\$}{t}$, se obtiene la cantidad de producción incremental que se necesita para recuperar

la inversión, que se calcula como: $\frac{\$ 31915}{6,48 \frac{\$}{t}} = 4925 t$

Dicha cantidad de producto requiere de un cierto tiempo para elaborarse que depende del valor marginal de producción, por lo tanto el tiempo en pagar la inversión se calcula de acuerdo a la siguiente relación: $\frac{4925 t}{33,46 \frac{t}{día}} = 147 \text{ días.}$

Segunda modificación

Luego de planteada la primera alternativa, junto a su análisis económico para calcular el tiempo en el que se recupera la inversión, surge la posibilidad de efectuar una nueva reforma que consiste en modificar el fondo de la mezcladora, permitiendo así el vaciado completo de máquina por gravedad en unos pocos segundos, logrando que la mezcla no permanezca mas de cuatro minutos en la etapa de mezclado, por lo que se tiene que volver a considerar el tiempo de la molienda estimado después del primer cambio.

La idea consiste en cambiar el fondo de la mezcladora y adaptarlo para poder implementar un sistema de apertura mediante dos cilindros neumáticos que permitan desplazar la base dejando que la mezcla caiga por gravedad en una tolva cuyo largo sea igual al de la mezcladora y ubicada debajo de la misma, y que contenga en su base una rosca de la misma longitud conectada a la rosca que transporta el producto hacia la noria.

Se debe aclarar que esta segunda modificación no implica la adición de ningún otro motor, por lo que no habrá un consumo de energía eléctrica adicional, y al igual que en el otro cambio, este tampoco supone la incorporación de mano de obra, por lo tanto el costo variable de este factor es el mismo en los tres casos. El único costo en el que se incurre es en el costo fijo de la inversión que es de \$ 12000.

* Costos Variables

Costo diario de la mano de obra: $24 h \cdot 30 \frac{\$}{h} = \$ 720$

Costo diario de la energía eléctrica:

Costo fijo: $106,25 kW \cdot 20,369 \frac{\$}{kW} = \$ 2164,21$

Costo fijo diario: $\frac{\$ 2164,21}{20 \text{ días}} = \$ 108,21$

Costo variable: $10600,25 kWh \cdot 0,2996 \frac{\$}{kWh} + (12833,33) kWh \cdot 0,2806 \frac{\$}{kWh} = \$ 6721,15$

Costo variable diario: $\frac{\$ 6721,15}{20 \text{ días}} = \$ 336,06$

Costo total diario mas iva: $(108,21 + 336,06) \cdot 1,27 = 444,27 \cdot 1,27 = \$ 564,22$

El total de los costos variables diarios es de: $720 + 545 = \$ 1265$.

* Determinación de la producción diaria:

En este caso se supone una producción de $5900 \frac{kg}{h}$ y por lo tanto una producción diaria de: $5900 \frac{kg}{h} \cdot 20 h = 118000 kg = 118 t$.

* Costo medio

$$\text{El costo medio se expresa como: } CM = \frac{720 \text{ \$/día} + 545 \text{ \$/día}}{118 \text{ t/día}} = 10,88 \frac{\$}{t}.$$

* Costo marginal

El incremento del costo respecto a la primera modificación vuelve a ser negativo, aunque disminuye el valor siendo este de: $10,88 - 13,09 = -2,21 \frac{\$}{t}$.

El valor marginal de la producción alcanza una cantidad de: $118 - 98,09 = 19,91 t$ por día, logrando otro incremento en la capacidad de producción.

Considerando que la inversión es de \$ 12000 y que el decremento del costo medio es de $2,21 \frac{\$}{t}$, se obtiene la cantidad de producción incremental que se necesita para recuperar

$$\text{la inversión, que es de: } \frac{\$ 12000}{2,21 \frac{\$}{t}} = 5433 t$$

$$\text{El tiempo en recuperar la segunda inversión se extiende a: } \frac{5433 t}{19,91 \text{ t/día}} = 273 \text{ días.}$$

Conclusiones

En lo particular considero que el trabajo final integrador fue productivo e importante, porque durante la realización del mismo pude aplicar muchos de los conocimientos adquiridos en la carrera y también aprender nuevos.

A lo largo de este tiempo se presentaron situaciones que no esperaba o que no tenía en cuenta y tales dificultades me sirvieron para aprender a resolver con criterio, y así poder cumplir con los objetivos planteados.

Para la empresa, también es importante el desarrollo de este trabajo, pues en un principio se explica el estado actual de la empresa, junto a sus problemas y al final se plantean modificaciones para solucionar dichas dificultades.

Por un lado queda dimensionada la nueva instalación eléctrica, que no solo cumple con las normas vigentes, sino que también ofrece seguridad desde el punto de vista técnico y económico y seguridad personal para los trabajadores.

Por otro lado, el desarrollo del nuevo sistema de transporte del afrechillo y la modificación de la base de la mezcladora, resultan de mucha utilidad para la empresa, pues el proceso se acelera, se reducen los tiempos ociosos, lo que trae como consecuencia una mayor productividad que se ve traducida en un incremento en la producción y los ingresos económicos. Además, en el caso de la primera modificación la inversión relativamente baja y el aumento de la producción que es porcentualmente alto, inducen a que se recupere la inversión en un tiempo menor al año.

Bibliografía

- * Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (2006).
- * Normas IRAM-AADL J 20-05: Iluminación artificial en interiores. Características.
- * Normas IRAM-AADL J 20-06: Luminotecnia. Iluminación artificial en interiores. Niveles de iluminación.
- * Norma IRAM 2358: Corrientes de cortocircuito. Métodos para el cálculo de sus efectos.
- * Manual Técnico de la EEUA (Engineering Equipment Users Association): "Transporte neumático de materiales pulverulentos"

PLANOS