

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

### ***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

*Bilbao, marzo de 2023*

# ÍNDICE GENERAL

Documento 1: MEMORIA

Documento 2: CÁLCULOS

Documento 3: PLANOS

Documento 4: PRESUPUESTO

Documento 5: PLIEGO DE CONDICIONES

Anexo 1: ESTUDIO DE ILUMINACIÓN

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el diseño de la red eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora, cubriendo todos los aspectos relevantes para su correcto funcionamiento. Para ello, primeramente, se han determinado las cargas eléctricas necesarias para el proceso, así como las cargas auxiliares (iluminación y tomas de corriente) y de emergencia. Con ello, se han dimensionado el centro de transformación y los conductores de cada circuito, a partir de los cuales se han calculado también las canalizaciones necesarias. Posteriormente, se han escogido los dispositivos de protección de cada circuito para garantizar la fiabilidad de la instalación y la seguridad para las personas. También se han calculado una fuente propia de energía, un sistema de protección frente a rayos y un equipo de compensación de energía reactiva. Finalmente, se ha diseñado la red de puesta a tierra de la instalación. Todo el diseño se ha realizado conforme a la normativa vigente y a las disposiciones técnicas aplicables.

## ABSTRACT

This project aims to design the low voltage electrical grid of a reverse osmosis water treatment plant, covering all the important aspects for its correct operation. The desing commences with determining the necessary electrical loads for the desalination process, as well as the auxiliary (lighting and power outlets) and emergency loads. With that information, the power transformer station and the electrical cables of each circuit have been calculated. Also, the main canalizations for cable routing have been dimensioned. Afterwards, the protection devices for each circuit have been selected, in order to ensure the proper and safe operation of the plant. Other main aspects of the design include the calculation of the emergency energy source, the lightning protection and the reactive energy compensation equipment. Finally, the earthing grid for the desalination plant has been designed. The project has been carried out following all applicable regulations and standards.

## LABURPENA

Lan honen helburua gatzgabeteze-instalazio baten behe-tensioko sare elektrikoa diseinatzea da, instalazioak behar bezala funtzionatzeko atal guztiak kontuan hartuz. Horretarako, lehenik eta behin, prozesurako beharrezkoak diren karga elektrikoak zehaztu dira, baita karga osagarriak

(argiztapen kargak eta korrante-harguneak) eta larrialdikoak ere. Horrela, transformazio zentroa eta zirkuitu bakoitzeko eroale elektrikoak dimentsionatu dira, eta horietatik abiatuta, beharrezko kanalizazioak ere kalkulatu dira. Ondoren, zirkuitu bakoitzeko babes elektrikoak aukeratu dira, instalazioaren fidagarritasuna eta pertsonentzako segurtasuna bermatzeko. Gainera, energia iturri propio bat, tximisten aurkako babes sistema bat eta energia erreaktiboa konpentsatzeko equipo bat kalkulatu dira. Azkenik, instalazioaren lur-konexioko sarea diseinatu da. Diseinu osoa indarrean dagoen araudiaren eta aplikatu beharrezko xedapen teknikoen arabera egin da.



# LISTA DE ABREVIATURAS

**BT:** BAJA TENSIÓN

**MT:** MEDIA TENSIÓN

**CGBT:** CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN

**CT:** CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

**REBT:** REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN

**ITC-BT:** INSTRUCCIÓN TÉCNICO COMPLEMENTARIA EN BAJA TENSIÓN

**XLPE:** POLIETILENO RETICULADO

**ACB:** INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE BASTIDOR ABIERTO

**MCCB:** INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CAJA MOLDEADA

**MCB:** INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

**CTE:** CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

## DOCUMENTO 1: MEMORIA

### ***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

*Bilbao, marzo de 2023*

# ÍNDICE

1.	OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2.	CONTEXTUALIZACIÓN .....	2
3.	ALCANCE.....	4
4.	BENEFICIOS.....	5
4.1.	Beneficios económicos.....	5
4.2.	Beneficios sociales.....	5
5.	REQUISITOS DE DISEÑO .....	6
5.1.	Descripción del emplazamiento.....	6
5.2.	Descripción de las instalaciones.....	7
6.	CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIÓN .....	9
7.	PROGRAMA DE NECESIDADES.....	10
8.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	13
8.1.	Suministro de energía eléctrica.....	13
8.2.	Centro de transformación .....	13
8.3.	Esquema de distribución .....	13
8.4.	Distribución eléctrica de la planta.....	14
9.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN AT .....	16
9.1.	Características de la red de AT .....	16
9.2.	Características del centro de transformación.....	16
9.2.1.	Equipo de MT .....	17
9.2.2.	Transformador.....	21
9.2.3.	Otros elementos.....	22
10.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT .....	23
10.1.	CGBT .....	23
10.2.	Cuadros secundarios .....	24
10.3.	Cuadros de emergencia.....	30
10.4.	Conductores .....	36
10.5.	Canalizaciones .....	37
10.5.1.	Líneas de alimentación CGBT – cuadros secundarios y de emergencia.....	37
10.5.2.	Líneas de alimentación cuadros secundarios y de emergencia - receptores.....	38
10.5.3.	Líneas de alimentación cuadros de emergencia – luminarias de emergencia....	39
10.5.4.	Línea de alimentación a las luminarias exteriores. ....	39
10.6.	Tomas de corriente .....	40
11.	FUENTE PROPIA DE ENERGÍA .....	41
12.	ALUMBRADO .....	44
12.1.	Alumbrado normal .....	44

12.2.	Alumbrado de emergencia.....	46
13.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN .....	50
13.1.	Protección frente a sobrintensidades .....	50
13.2.	Protección frente a contactos indirectos.....	50
13.3.	Selección de dispositivos de protección .....	51
14.	PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN .....	53
14.1.	Puesta a tierra de servicio .....	53
14.2.	Puesta a tierra de herrajes .....	53
14.3.	Puesta a tierra de protección de baja tensión .....	53
15.	PARARRAYOS.....	55
15.1.	Sistema externo.....	55
15.2.	Sistema interno .....	55
15.3.	Red de tierras .....	56
16.	COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA.....	57
17.	PLANIFICACIÓN.....	58
17.1.	Fases del proyecto.....	58
17.2.	Diagrama de Gantt .....	58
18.	NORMATIVA APLICABLE .....	60

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de zonas con riesgo de desertificación en España.....	2
Figura 2: Parcela PE-1.....	6
Figura 3: Funcionamiento esquemático de la planta desalinizadora.....	7
Figura 4: Esquema TT. ....	14
Figura 5: Vista frontal del centro de transformación.....	16
Figura 6: Tipologías ejemplo de disposición de tubos. ....	38
Figura 7: Vista exterior del grupo electrógeno. ....	42
Figura 8: Volumen protegido por el pararrayos.....	55
Figura 9: Diagrama de Gantt. ....	59

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características espaciales de los edificios de la planta. ....	8
Tabla 2: Listado de cargas eléctricas del edificio A. ....	10
Tabla 3: Listado de cargas eléctricas del edificio B. ....	10
Tabla 4: Listado de cargas eléctricas del edificio C. ....	10
Tabla 5: Listado de cargas eléctricas del edificio D. ....	11
Tabla 6: Listado de cargas eléctricas del edificio E. ....	11
Tabla 7: Listado de cargas eléctricas del edificio F. ....	11
Tabla 8: Listado de cargas eléctricas del edificio G. ....	11
Tabla 9: Listado de cargas eléctricas del edificio H. ....	12
Tabla 10: Listado de cargas eléctricas del edificio I. ....	12
Tabla 11: Listado de cargas del edificio J. ....	12
Tabla 12: Listado de cargas eléctricas del edificio K. ....	12
Tabla 13: Listado de cargas exteriores. ....	12
Tabla 14: Niveles de tensión presentes en la planta. ....	15
Tabla 15: Fases del proyecto. ....	58

# 1. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el diseño de la red eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora de ósmosis inversa. Dicho diseño incluye el cálculo y dimensionamiento de todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, así como para garantizar la seguridad de las personas y de los equipos, siguiendo la normativa aplicable en todo momento.

## 2. CONTEXTUALIZACIÓN

En el contexto actual de incremento sostenido de la población mundial, junto con el aumento de las temperaturas globales fruto del cambio climático, existe un creciente riesgo de falta de suministro de agua potable para consumo humano y/o industrial en numerosas partes del mundo. Este es el caso del Levante español, zona geográfica en riesgo de desertificación, la cual es cada vez más vulnerable a sequías e inundaciones y en la que las reservas de agua para usos domésticos y sobre todo para irrigación se van acercando a su límite natural. Esta problemática, unida a la ubicación costera de la región, han permitido el desarrollo de plantas desalinizadoras para poder suplir la demanda de agua potable no cubierta con los recursos hídricos tradicionales. Si bien la presencia de estas instalaciones en el estado español es todavía limitada (aun siendo de las mayores entre países de la Unión Europea, con 765 plantas en funcionamiento), se prevé un acusado aumento en los años venideros.

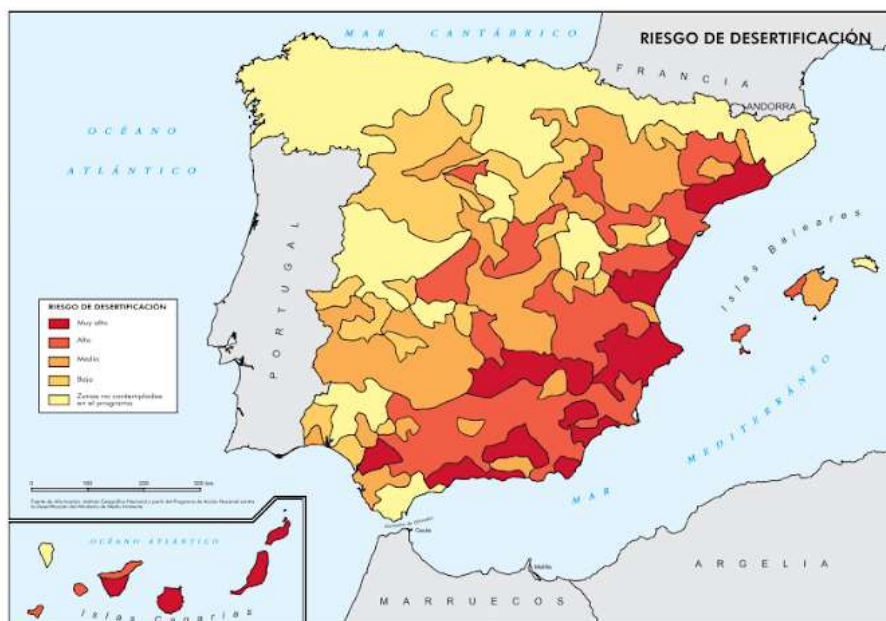


Figura 1: Mapa de zonas con riesgo de desertificación en España

Como se aprecia en la Figura 1 gran parte del litoral mediterráneo español se encuentra en riesgo alto o muy alto de desertificación. Una de las zonas más afectadas es la provincia de Almería, en la cual se sitúa la planta desalinizadora de “La Graciosa”, instalación objeto del presente trabajo. En dicha zona se concentran dos actividades económicas en las que la disponibilidad de agua dulce es clave para su viabilidad: el turismo y la agricultura; de ahí que se haya escogido este emplazamiento para la construcción de la planta. La planta desalinizadora



prevé un abastecimiento de agua potable 3000 m<sup>3</sup> diarios, lo cual supe el consumo diario de una población de aproximadamente 20.000 personas.

### 3. ALCANCE

El alcance del proyecto comprende el diseño y cálculo de todos los aspectos que engloba la instalación eléctrica de baja tensión de la planta desalinizadora de La Graciosa. Estos son:

- Cálculo de la potencia instalada.
- Dimensionamiento del centro de transformación.
- Dimensionamiento y distribución de los cuadros eléctricos.
- Dimensionamiento y rutado de los conductores eléctricos, así como la determinación del método de instalación de estos.
- Cálculo de tomas de fuerza.
- Cálculo de tomas de corriente.
- Dimensionamiento de luminarias.
- Cálculo y selección de protecciones:
  - Contra sobrecargas.
  - Contra cortocircuitos.
  - Contra contactos indirectos.
- Diseño y dimensionamiento del sistema de puesta a tierra de la instalación.
- Dimensionamiento del grupo electrógeno.
- Dimensionamiento de las baterías de condensadores para la compensación de energía reactiva.
- Cálculo del pararrayos.

## 4. BENEFICIOS

La construcción de la planta desalinizadora conlleva los siguientes beneficios:

### 4.1. Beneficios económicos

Los beneficios económicos que traería consigo la construcción de la planta desalinizadora son, principalmente, la reducción del coste del agua y una mayor resiliencia de la producción agrícola en el entorno cercano a esta. En el primer caso, el descenso del precio del agua, si bien afectaría positivamente a todos los consumidores, tendría un especial impacto sobre el sector del turismo y la hostelería, prominente en esta región del país. Sobre todo en los meses de verano, cuando el consumo de agua de complejos hoteleros es muy elevado, el empleo del agua puede llegar a suponer el 12 % de los gastos de un hotel. En segundo lugar, la mayor disponibilidad de agua permite soportar mejor las épocas de sequía en el sector agrícola, limitando la dependencia de los recursos hídricos naturales.

### 4.2. Beneficios sociales

En cuanto a los beneficios sociales, cabe destacar que la disminución del coste del agua impacta en la vida diaria de los consumidores reduciendo su gasto mensual, siendo esto de especial importancia para las familias con rentas más bajas. Además, desde un punto de vista medioambiental, la planta está diseñada para un funcionamiento 100 % electrificado (en condiciones normales de operación). Esto posibilitaría la obtención de agua potable libre de emisiones de gases de efecto invernadero si la demanda de la instalación se supliera con energía renovable.

## 5. REQUISITOS DE DISEÑO

### 5.1. Descripción del emplazamiento

La planta se encuentra en el municipio de Cuevas de Almanzora (Almería), en el paraje de Pozo del Esparto. Concretamente, se sitúa en el polígono 2, en el sector PE-1, a 150 m de la línea de costa. Dicha parcela tiene una superficie 62368 m<sup>2</sup> y presenta un uso preferente industrial.

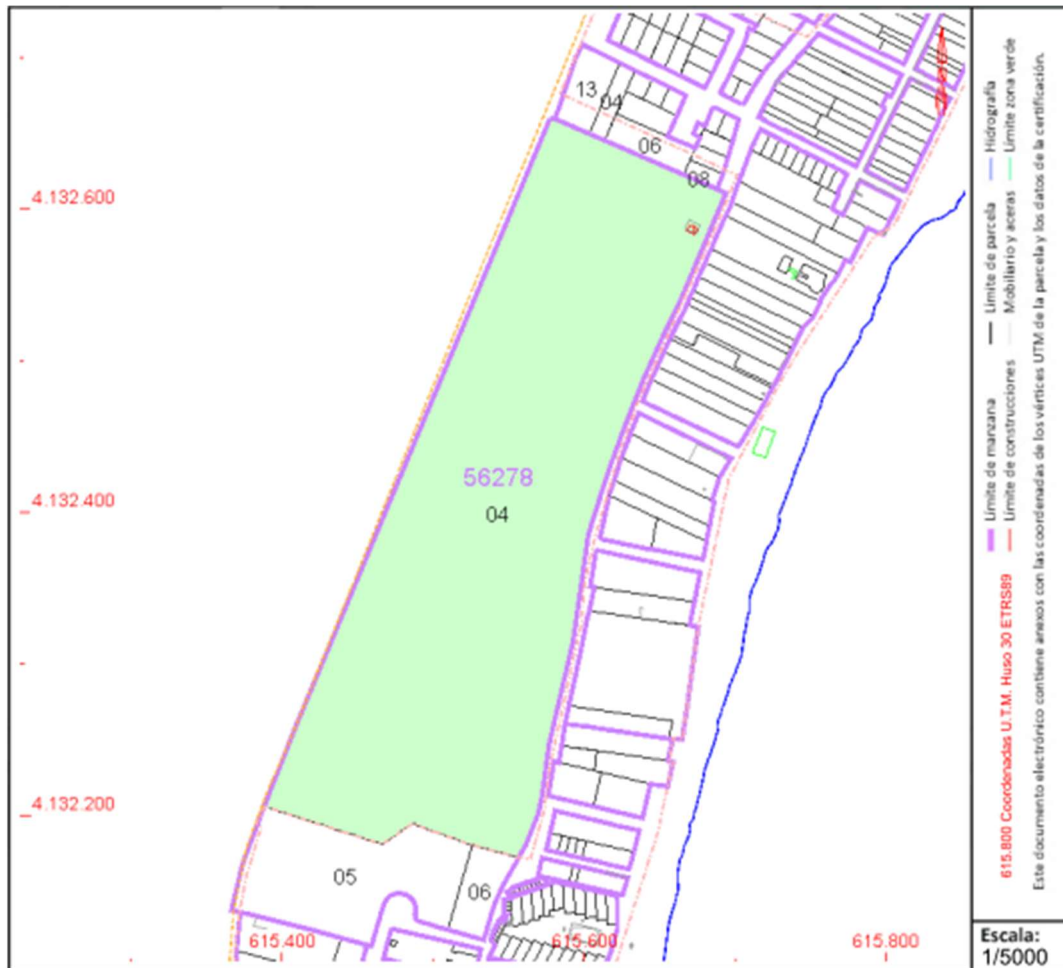


Figura 2: Parcela PE-1.

Dentro de dicha parcela, la planta desalinizadora conforma un recinto vallado de 41700 m<sup>2</sup> que contiene 12 edificios de una única planta donde se ubican los equipos principales de la instalación. Estos edificios se conectan mediante un entramado de tuberías y conductos, habiendo además algunos equipos situados en la intemperie.

## 5.2. Descripción de las instalaciones

En la Figura 3 se muestra el funcionamiento simplificado de la planta desalinizadora.

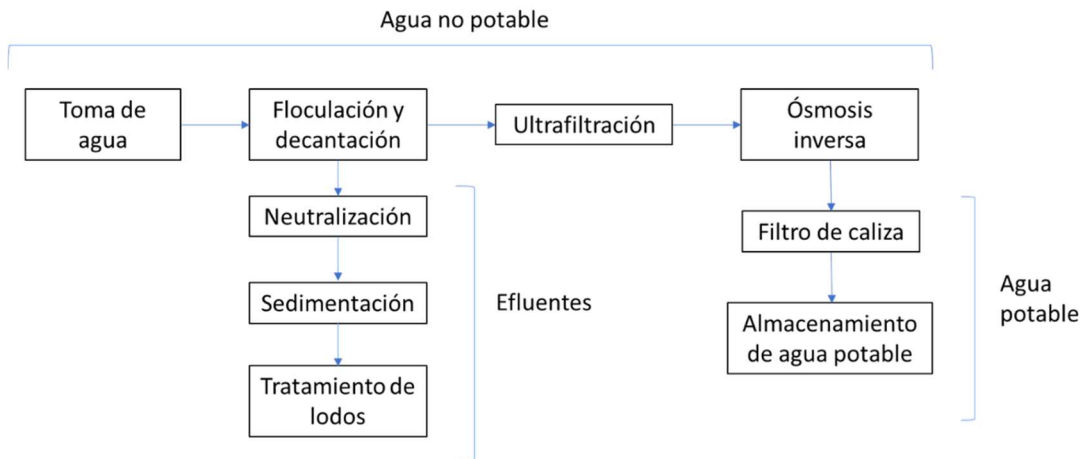


Figura 3: Funcionamiento esquemático de la planta desalinizadora

Como se puede observar, la planta se divide en 9 sistemas en los que se encuentran las principales cargas de la instalación. Estos sistemas se reparten en varios edificios de planta única situados dentro del mismo recinto, junto con otros dedicados a servicios como el edificio de control. En concreto, 8 edificios están dedicados al proceso de desalinización. El resto se corresponden con el edificio de control y oficinas, el almacén, el puesto de vigilancia y el centro de transformación. A continuación, la Tabla 1 muestra la lista de edificios junto con sus requerimientos espaciales. Cada edificio se denomina por una letra.

Además de los edificios que conforman la instalación, esta cuenta con un gran tanque de 74 m de diámetro y 6 m de alto para el almacenamiento de agua potabilizada. Por otro lado, existe una red viaria propia que permite el acceso rodado a todos los edificios. Del mismo modo, hay una red de vías peatonales para que las personas trabajadoras puedan desplazarse entre los edificios de la instalación.

Edificio	Función	Dimensiones en planta (m x m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura útil (m)
A	Proceso: Toma de agua	25 x 31	775	5
B	Proceso: Floculación y decantación	26 x 30	1080	5
C1	Proceso: Ultrafiltración	43 x 53	2279	5
C2	Proceso: Ósmosis inversa	36 x 53	1908	5
D	Proceso: Filtro de caliza	28 x 26	728	5
E	Proceso: Almacenamiento de agua	15 x 12	180	3
F	Proceso: Suministro de agua	14 x 17	238	3
G	Proceso: Postratamiento	66 x 20	1320	5
H	Proceso: Almacenamiento químico	53 x 15	795	5
I	Control y oficinas	34 x 16	544	3
J	Almacén	10 x 17	170	3
K	Garita de vigilancia	7 x 10	70	3
L	Edificio eléctrico	8 x 5	40	3

*Tabla 1: Características espaciales de los edificios de la planta.*

## 6. CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIÓN

De acuerdo con la ITC-BT-30 del REBT, por la que se establecen las características de las instalaciones eléctricas situadas en locales especiales, se define un local mojado como aquel en el que “los suelos techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la condensación o bien estar cubiertos con vaho durante largos períodos”. También se describen así las estancias “cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentánea o permanentemente bajo la forma de condensación en el techo y paredes, manchas salinas o moho aun cuando no aparezcan gotas, ni el techo o paredes estén impregnados de agua.”

Por ello, dadas las características de la planta desalinizadora, en la que parte de la instalación se encuentra a la intemperie, y en la cual se dan los fenómenos descritos en el anterior párrafo, se establece que la red de baja tensión será diseñada siguiendo los preceptos establecidos en la mencionada instrucción técnica, en aquellos edificios descritos anteriormente como de “proceso” (edificios A – G). Estas condiciones afectan al diseño de las canalizaciones, la aparamenta, los dispositivos de protección y los receptores de alumbrado.

## 7. PROGRAMA DE NECESIDADES

En esta sección se muestran las cargas eléctricas presentes en cada edificio, tanto de fuerza como de iluminación, necesarias para cumplir con las especificaciones de la planta desalinizadora. Para cada carga se muestran las principales características eléctricas (tensión nominal, potencia nominal y factor de potencia).

EDIFICIO A						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Bomba de toma de agua 1	400	55	3	0.9	1	55
Bomba de toma de agua 2	400	55	3	0.9	1	55
Bomba de toma de agua 3	400	55	3	0.9	1	55
Bomba de alimentación al electrolizador	400	14	3	0.8	1	14
Electrolizador	400	45	3	0.85	1	45
Dosificador de NaOCl	400	2	3	0.92	1	2
Válvula motorizada	400	0.006	3	0.91	4	0.024
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	17	1.581
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	18	0.045

Tabla 2: Listado de cargas eléctricas del edificio A.

EDIFICIO B						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Bomba de presurización	400	45	3	0.92	1	45
Compresor	400	5	3	0.88	6	30
Bomba de recirculación	400	20	3	0.86	1	20
Dosificador de coagulante	400	1.5	3	0.95	1	1.5
Dosificador de floculante	400	1.5	3	0.95	1	1.5
Transportador de palas	400	42	3	0.7	1	42
Bomba de neutralización	400	40	3	0.8	1	40
Bomba de ultrafiltrado	400	50	3	0.95	6	300
Válvula motorizada 13	230	0.006	1	0.91	9	0.054
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	21	1.953
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	16	0.04

Tabla 3: Listado de cargas eléctricas del edificio B.

EDIFICIO C						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Bomba de contralavado	400	25	3	0.95	6	150
Bomba de alta presión	400	125	3	0.9	3	375
Regulador de velocidad	230	2	1	0.9	3	6
Bomba de recuperación de energía	400	75	3	0.88	3	225
Válvula motorizada	230	0.006	1	0.91	12	0.072
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	2	7.36
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	83	7.719
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	57	0.1425

Tabla 4: Listado de cargas eléctricas del edificio C.



EDIFICIO D						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Dosificador de NaOH	400	2	3	0.92	1	2
Bomba de alimentación al filtro	400	18	3	0.92	4	72
Válvula motorizada	230	0.006	1	0.91	4	0.024
Vaporizador de CO <sub>2</sub>	400	2	3	0.92	1	2
Dosificador de ClO <sub>2</sub>	400	1.4	3	0.94	1	1.4
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	17	1.581
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	15	0.0375

Tabla 5: Listado de cargas eléctricas del edificio D.

EDIFICIO E						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Bomba de almacenamiento	400	25	3	0.95	4	100
Válvula motorizada	230	0.006	1	0.91	4	0.024
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	9	0.837
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	5	0.0125

Tabla 6: Listado de cargas eléctricas del edificio E.

EDIFICIO F						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Bomba de suministro	400	35	3	0.96	2	70
Válvula motorizada	230	0.006	1	0.91	2	0.012
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	4	0.372
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	3	0.0075

Tabla 7: Listado de cargas eléctricas del edificio F.

EDIFICIO G						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Bomba de alimentación al decantador	400	35	3	0.92	1	35
Bomba de descarga	400	20	3	0.8	2	40
Bomba de homogeneización	400	30	3	0.85	1	30
Dosificador de polielectrolito	400	1.5	3	0.95	1	1.5
Dosificador de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	400	1.5	3	0.95	1	1.5
Válvula motorizada	230	0.006	1	0.91	5	0.03
Bomba de lodos	400	25	3	0.94	1	25
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	33	3.069
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	26	0.065

Tabla 8: Listado de cargas eléctricas del edificio G.

EDIFICIO H						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Bomba de suministro de floculante	400	10	3	0.92	2	20
Bomba de suministro de coagulante	400	10	3	0.92	2	20
Bomba de suministro de NaOH	400	10	3	0.92	2	20
Bomba de suministro de ClO <sub>2</sub>	400	10	3	0.92	2	20
Bomba de suministro de polielectrolito	400	15	3	0.87	1	15
Bomba de suministro de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	400	15	3	0.87	1	15
Válvula motorizada	230	0.006	1	0.91	10	0.06
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	15	1.395
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	13	0.0325

Tabla 9: Listado de cargas eléctricas del edificio H.

EDIFICIO I						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Aire acondicionado	400	2.5	3	0.84	7	17.5
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	3	11.04
<b>Iluminación</b>						
Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	0.025	1	0.95	112	2.8
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	20	0.05

Tabla 10: Listado de cargas eléctricas del edificio I.

EDIFICIO J						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	0.093	1	0.95	3	0.279
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	2	0.005

Tabla 11: Listado de cargas del edificio J.

EDIFICIO K						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Fuerza</b>						
Aire acondicionado	400	2.5	3	0.84	1	2.5
Barrera	230	0.2	1	0.9	1	0.2
Tomas de corriente (16 A)	230	3.68	1	1	1	3.68
<b>Iluminación</b>						
Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	0.025	1	0.95	12	0.3
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	0.0025	1	0.95	2	0.005

Tabla 12: Listado de cargas eléctricas del edificio K.

EXTERIOR						
Carga	Tensión nominal (V)	Potencia nominal (kW)	Nº de fases	cos $\phi$	Cantidad	Potencia total (kW)
<b>Iluminación</b>						
STARBEAM Roadway Distribution	230	0.035	1	0.95	118	4.13

Tabla 13: Listado de cargas exteriores.

## 8. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En esta sección se describen los parámetros generales de la instalación eléctrica de la planta desalinizadora.

### 8.1. Suministro de energía eléctrica

La planta estará conectada a la red de alta tensión de la compañía distribuidora que opera en la provincia de Almería: E-Distribución (perteneciente al grupo Endesa). Por tanto, el suministro eléctrico tendrá lugar a un nivel de tensión de 30 kV, que será reducido a baja tensión mediante 1 transformador AT/BT situado en el propio recinto de la planta. La frecuencia de suministro será de 50 Hz.

### 8.2. Centro de transformación

Debido a la elevada potencia instalada en la planta, esta contará con un centro de transformación con un transformador AT/BT de potencia nominal de 800 kVA. El centro se ubicará en una sala destinada exclusivamente para él, situado en el edificio eléctrico, denominado edificio L en los planos.

### 8.3. Esquema de distribución

El centro de transformación es propiedad de la propia planta, por lo que la elección del esquema de puesta a tierra de la instalación es competencia de los propietarios, tal y como lo indica la ITC-BT 08. Así, se ha escogido un régimen de neutro de tipo TT. En este, el punto neutro del devanado secundario del transformador AT/BT del centro de transformación se conecta directamente a tierra, mientras que las masas de la instalación se conectan a una tierra eléctricamente diferente.

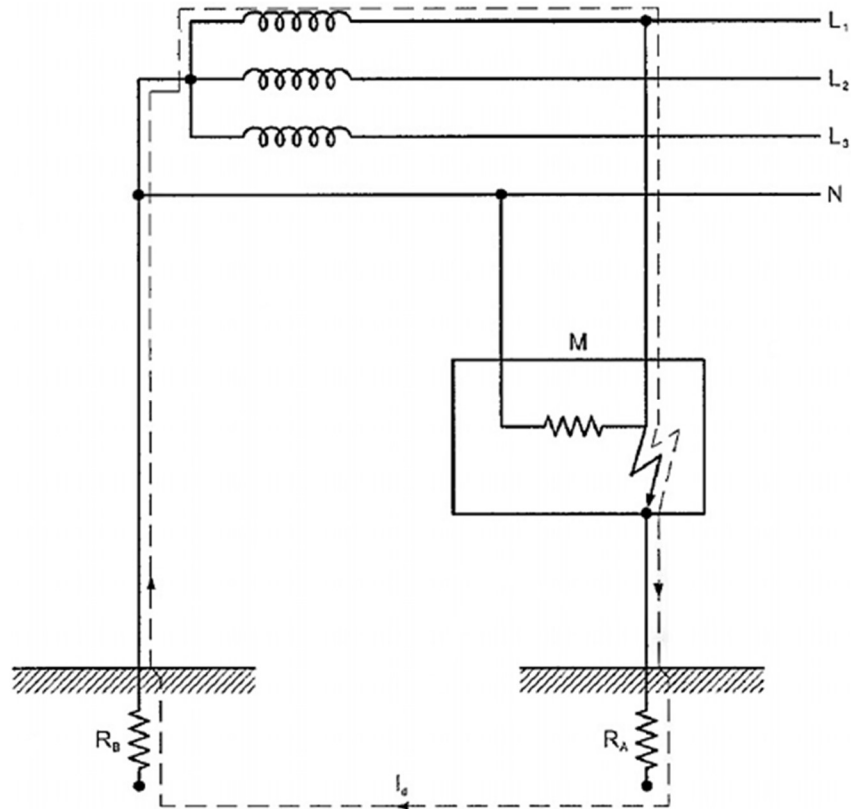


Figura 4: Esquema TT.

La principal razón de escoger este sistema es la disponibilidad de terreno no edificable en las inmediaciones de la planta, lo que permite separar la puesta a tierra del transformador de la tierra de las masas de los equipos una distancia adecuada, mediante un cable aislado. Además, debido a la naturaleza del proceso de desalinización, la presencia de cargas electrónicas es mínima, minimizando los efectos de posibles diferencias de potencial entre el neutro y las masas, y permitiendo el empleo de protecciones diferenciales sin riesgo de disparos intempestivos. La puesta a tierra del neutro del transformador se ubicará en la parcela contigua, a 150 m en dirección NO del centro de transformación.

#### 8.4. Distribución eléctrica de la planta

La planta contará con dos niveles de cuadros eléctricos. Tendrá, por un lado, un cuadro general de baja tensión (denominado CGBT de ahora en adelante) conectado al transformador AT/BT del centro de transformación. Este se situará en el edificio eléctrico (edificio L), y de él colgará el segundo nivel de cuadros, situados en cada edificio de la planta, con el objetivo de dar alimentación a las cargas situadas en dicho edificio. Estos cuadros serán de suministro normal, es decir, tendrán suministro eléctrico cuando la planta opere en condiciones normales.

Por otro lado, la planta contará con un suministro de energía propio: un grupo electrógeno, cuyo cometido es alimentar a las cargas consideradas “de emergencia” en el caso de que ocurra un fallo en la instalación. Estas son las luminarias de emergencia y evacuación. Estas cargas se alimentan de los cuadros de emergencia, situados uno en cada edificio y alimentados tanto desde el CGBT como del grupo electrógeno.

Los cuadros normales se denominan según en el edificio en el que se sitúan: Cuadro A, Cuadro B, etc. Como excepción, el edificio C, dividido en dos partes debido a su gran tamaño, cuenta con dos cuadros secundarios normales: C1 y C2. Por otro lado, los cuadros de emergencia se nombran añadiendo la letra “E” al edificio donde se sitúan: Cuadro EA, EB, etc. Además, las luminarias exteriores se alimentan desde el cuadro EX, situado en el edificio eléctrico (edificio L) y también de emergencia. Por tanto, la instalación contará con un total de 26 cuadros secundarios dispuestos en los diferentes edificios de la planta.

Los niveles de tensión de la planta son:

Media tensión	30/18 kV
Baja tensión	400/230 V

*Tabla 14: Niveles de tensión presentes en la planta.*

## 9. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN AT

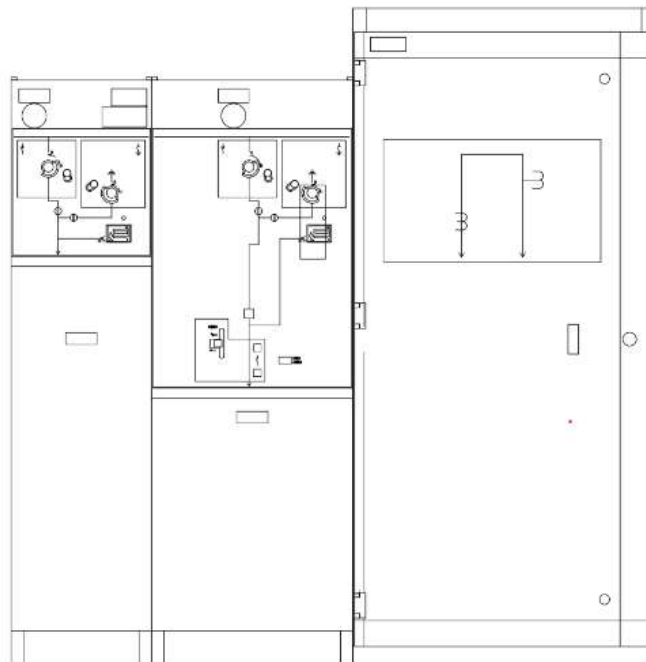
La parte de la instalación eléctrica de la planta en AT (30 kV) la conforman la acometida del centro de transformación y la parte de AT del centro de transformación.

### 9.1. Características de la red de AT

La planta se conecta a la red de distribución de E-distribución Andalucía a tensión de 30 kV y frecuencia de 50 Hz. La acometida del centro de transformación se realiza mediante cables subterráneos entubados. El punto de conexión con la red de distribución estará situado en el punto más cercano posible al centro de transformación de la planta. Nótese que el diseño de la acometida no es objeto del presente proyecto.

### 9.2. Características del centro de transformación

El centro de transformación es el punto frontera entre la media tensión (30 kV) de la red de distribución y la baja tensión (400 V) en la que operan los equipos de la planta. Está situado en el interior de la planta, en el edificio L, en un local destinado exclusivamente para él. Es por tanto un CT de superficie. El local donde se encuentra no tendrá permitido el acceso al público no autorizado. A continuación, se muestra una imagen del centro de transformación.



*Figura 5: Vista frontal del centro de transformación.*

Debido al gran consumo eléctrico de la instalación, el suministro de energía eléctrica se contrata directamente en MT, por lo que el centro de transformación será propiedad del cliente, es decir, de la propia planta industrial. Esto permite, entre otros, la elección del régimen de neutro de la instalación sin que venga impuesto por la red de MT, así como poder dimensionar el CT de forma que pueda albergar futuras ampliaciones de la instalación. Dicho centro de transformación consta de un transformador trifásico de 800 kVA, de dos devanados y de relación de transformación de 30/0,4 kV. El CT será de tipo interior, pues sus equipos y aparataje se encuentran en una sala cubierta y cerrada. Lo conforman el equipo de media tensión, el propio transformador y el cuadro general de baja tensión. En esta sección se detallan el equipo de MT y el transformador.

### 9.2.1. Equipo de MT

El equipo o aparataje de MT lo conforman tres celdas: la celda de línea, la celda de protección y la celda de medida. Estas forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones, con aislamiento y corte en gas. Proporcionan una conexión apantallada e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad o humedad, entre otras).

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión. La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mecanismo de maniobra, así como el dispositivo de señalización de presencia de tensión y la alarma sonora de prevención de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el panel de acceso a la acometida de cables de Media Tensión y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del circuito de tierras y de las pantallas de los cables.

- Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene todas las partes activas de la celda: el interruptor - seccionador, el embarrado, los portafusibles y la puesta a tierra. El gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bar. El sellado de la cuba permite el

mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas. Además, cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, evita, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas o la aparamenta del CT.

El interruptor, localizado en el interior de la cuba, tiene 3 posiciones:

- Conectado
- Seccionado
- Puesto a tierra

La actuación de este interruptor se realiza mediante una palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida, que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra. Los mecanismos de maniobra son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada. La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas o aisladores estándar.

Asimismo, todas las celdas presentan una serie de enclavamientos que garantizan que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

Desde un punto de vista eléctrico, las características de la aparamenta de MT son las siguientes:

Tensión asignada	36 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Tensión soportada asignada a frecuencia industrial (1 min)	70 / 80 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	170 / 195 kV

Como se indica al inicio de esta sección, son tres celdas las que componen la aparamenta de MT:



- Celda de línea

La celda de línea está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo motorizado, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra.

Sus características eléctricas son las siguientes:

Tensión asignada	36 kV
Intensidad asignada	630 A
Intensidad de corta duración (1 s), valor eficaz	21 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta	52,5 kA

Y sus características físicas:

Ancho	418 mm
Fondo	850 mm
Alto	1745 mm
Peso	138 kg

- Celda de protección

Esta se trata de una celda con envolvente metálica formada por un módulo con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida. Asimismo, consta de una alarma sonora de prevención de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Sus características eléctricas son:

Tensión asignada	36 kV
Intensidad asignada	630 A
Tensión soportada asignada a frecuencia industrial (1 min)	70 kV
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	170 kV
Capacidad de cierre (cresta)	52,5 kA
Capacidad de corte en cortocircuito	30 kA

Y sus características físicas:

Ancho	600 mm
Fondo	850 mm
Alto	1745 mm
Peso	240 kg

- Celda de medida

La celda de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía. La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones. Su diseño permite incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad. Su tensión asignada de funcionamiento es de 36 kV.

Además, presenta las siguientes características físicas:

Ancho	900 mm
Fondo	1160 mm
Alto	1950 mm
Peso	290 kg

A continuación, se indican también las características de los transformadores de medida incluidos en el interior de la celda. Esta cuenta con 3 transformadores de tensión y tres de corriente, ambos de aislamiento en seco.

Transformador de tensión (TT)		Transformador de corriente (TI)	
Relación de transformación	25000/ $\sqrt{3}$ - 110/ $\sqrt{3}$ V	Relación de transformación	10 – 20/5 A
Sobretensión admisible	1.2 Un en permanencia 1.9 Un durante 8 h	Intensidad térmica	80 In
Potencia	50 VA	Potencia	15 VA
Clase de precisión	0,5	Clase de precisión	0,5

### 9.2.2. Transformador

En base a la previsión de potencia instalada en la planta, se instalará un transformador trifásico reductor de tensión de 800 kVA. El transformador, como parte del centro de transformación, se ubicará en el local descrito anteriormente. A continuación, se indican sus características principales:

- Características eléctricas:

Potencia nominal	800 kVA
Tensión del devanado primario	30 kV
Tensión del devanado secundario	400 V / 230 V
Frecuencia de funcionamiento	50 Hz
Impedancia de cortocircuito	6 %
Grupo de conexión	Dyn11
Cambiador de tomas	$\pm 2 \times 2,5$ %
Pérdidas en vacío	900 W
Pérdidas en carga	6000 W

- Características físicas:

Refrigeración	Natural en seco
Alto	2100 mm
Ancho	1100 mm
Largo	1400 mm
Peso	3500 kg
Protección	IP43
Temperatura de funcionamiento	- 20 ~ + 50 °C

### 9.2.3. Otros elementos

El centro de transformación cuenta con una serie de elementos necesarios para su correcta operación y mantenimiento. Estos incluyen:

- Equipos de iluminación: Equipo autónomo de alumbrado propio que proporcione la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias.
- Medida de energía eléctrica: Contador tarificador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación para medición de la energía consumida.
- Protección contra incendios: El CT consta de un extintor de eficacia 89B situado a no más de 15 m de este. De acuerdo con la MIE-RAT 14, al tratarse de un transformador de aislamiento seco, no es necesaria ninguna protección adicional.

## 10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT

En esta sección se detallan las características de la instalación eléctrica en baja tensión. La instalación eléctrica en BT la componen todos los elementos situados aguas abajo del transformador reductor. Estos son el CGBT y los cuadros secundarios de suministro normal y de emergencia y las cargas finales. Además, esta sección también determina las características de los conductores y las canalizaciones a emplear en la instalación. Las características principales de la red de BT son:

Frecuencia de la red	50 Hz	
Tensión nominal entre fases	400 V	
Tensión nominal entre fases y neutro	230 V	
Temperatura ambiente	35 °C	
Temperatura del terreno	25 °C	
Caída de tensión admisible para cargas de fuerza	5 %	
Caída de tensión admisible para alumbrado	2,5 %	

### 10.1. CGBT

El cuadro general de baja tensión tiene el cometido de recibir el circuito principal de BT procedente del centro de transformación y distribuirlo en los circuitos individuales que alimentan a cada uno de los cuadros secundarios (normales y de emergencia) de la instalación. También presenta una conexión con el grupo electrógeno para alimentar a los cuadros de emergencia. Este está situado dentro del edificio eléctrico (edificio L), en la sala contigua al CT, con el fin de reducir lo máximo posible la distancia a la alimentación. Al igual que el CT, el acceso al local donde este se ubica estará restringido al público no autorizado. Ha sido diseñado según la norma IEC 61439-5, y sus funciones principales son:

- Acometida
- Seccionamiento
- Alimentación al embarrado de distribución

Y sus funciones adicionales:

- Control y media
- Alimentación de emergencia

El CGBT está montado sobre un bastidor y contiene un embarrado de distribución aislado y una unidad seccionadora de corte visible, con unidad de acometida principal y de socorro (grupo electrógeno), así como las unidades funcionales de protección y control. El seccionador incluye un enclavamiento mecánico. Asimismo, presenta una envolvente de acero inoxidable que alberga sus partes activas. Esta garantiza la protección frente a contactos eléctricos directos entre las personas y los equipos del CGBT y presenta un grado de protección de IP 2X – IK08. Por último, el CGBT permite la disposición de un transformador de intensidad (TI) para la medida, el cual se integra en el interior del armario de acometida.

El CGBT tiene las siguientes características eléctricas:

Tensión asignada	440 V
Tensión soportada asignada a frecuencia industrial (1 min)	10 kV (masa) 2,5 kV (partes activas)
Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	20 kV
Intensidad asignada	1600 A
Intensidad asignada de corta duración, 1 s (I <sub>cw</sub> )	25 kA
Intensidad asignada de cresta (I <sub>pk</sub> )	52,5 kA

En cuanto a sus dimensiones (alto x ancho x fondo), estas son de 1800 x 1500 x 300 mm, y tiene un peso aproximado de 240 kg.

## 10.2. Cuadros secundarios

De ahora en adelante, se empleará el término “cuadros secundarios” para referirse a los cuadros secundarios de suministro normal. Los cuadros de suministro de emergencia serán denominados cuadros de emergencia.

Los cuadros secundarios tienen el cometido de alimentar a los receptores finales, tanto a las tomas de fuerza como al alumbrado. Cada edificio consta de un cuadro secundario, a excepción del edificio C que consta de dos. Nótese que, de acuerdo con lo expuesto en la ITC-BT 30 del REBT, los cuadros eléctricos ubicados en los edificios de proceso (edificios A – H, categorizados como “local húmedo”) deberán presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua no menor que IPX1. Además, sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos. A continuación, se listan cada uno de los cuadros secundarios junto con sus características:

- CUADRO A:

Se encuentra en el edificio A, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x1x400. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	225 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 600 x 200 mm
Peso	14 kg

- CUADRO B

Se encuentra en el edificio B, y se alimenta del CGBT mediante dos cables de sección 4x1x400. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	400 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 1200 x 200 mm
Peso	20 kg

- CUADRO C1

Se encuentra en el edificio C, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x150. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	125 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 600 x 200 mm
Peso	14 kg

- CUADRO C2

Se encuentra en el edificio C, y se alimenta del CGBT mediante dos cables de sección 4x1x500. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	545 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 600 x 200 mm
Peso	14 kg

- CUADRO D

Se encuentra en el edificio D, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x70. Sus características eléctricas son:



Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	80 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 600 x 200 mm
Peso	14 kg

- CUADRO E

Se encuentra en el edificio E, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x95. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	98 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 450 x 200 mm
Peso	12 kg

- CUADRO F

Se encuentra en el edificio F, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x95. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V

Intensidad nominal	95 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 450 x 200 mm
Peso	12 kg

- CUADRO G

Se encuentra en el edificio G, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x150. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	125 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 600 x 200 mm
Peso	14 kg

- CUADRO H

Se encuentra en el edificio H, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x95. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	100 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 700 x 200 mm
Peso	16 kg

- CUADRO I

Se encuentra en el edificio I, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x25. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	25 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 700 x 200 mm
Peso	16 kg

- CUADRO J

Se encuentra en el edificio J, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	14 kg

- CUADRO K

Se encuentra en el edificio K, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x10. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

### 10.3. Cuadros de emergencia

Los cuadros de emergencia tienen el cometido de alimentar a las cargas de alumbrado de emergencia presentes en cada edificio. Cada edificio consta de un cuadro de emergencia. Además, las cargas de alumbrado exterior (también considerado de emergencia) se conectan al cuadro EX, ubicado en el edificio L. Nótese que, de acuerdo con lo expuesto en la ITC-BT 30 del REBT, los cuadros eléctricos ubicados en los edificios de proceso (edificios A – H, categorizados como “local húmedo”) deberán presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua no menor que IPX1. Por otro lado, sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos. A continuación, se listan cada uno de los cuadros de emergencia junto con sus características:

- CUADRO EA

Se encuentra en el edificio A, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

- CUADRO EB

Se encuentra en el edificio B, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

- CUADRO EC

Se encuentra en el edificio C, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 450 x 200 mm
Peso	12 kg

- CUADRO ED

Se encuentra en el edificio D, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

- CUADRO EF

Se encuentra en el edificio F, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

- CUADRO EG

Se encuentra en el edificio G, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 400 x 200 mm
Peso	12 kg

- CUADRO EH

Se encuentra en el edificio H, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

- CUADRO EI

Se encuentra en el edificio I, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 400 x 200 mm
Peso	12 kg



- CUADRO EJ

Se encuentra en el edificio J, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

- CUADRO EK

Se encuentra en el edificio K, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 300 x 200 mm
Peso	10 kg

- CUADRO EX

Se encuentra en el edificio L, y se alimenta del CGBT mediante un cable de sección 4x6. Sus características eléctricas son:

Tensión nominal	400 V
Tensión de aislamiento	750 V
Intensidad nominal	16 A
Intensidad temporal admisible	25 kA

Y sus características físicas:

Grado de protección IK	IK08
Grado de protección IP	IP23
Dimensiones (Alto x ancho x fondo)	650 x 450 x 200 mm
Peso	12 kg

## 10.4. Conductores

En esta sección se detallan las características de los conductores a emplear en la instalación eléctrica de la planta. Para la selección de estos se han establecido dos reglas:

El material conductor empleado será el cobre para cables de sección inferior a 16 mm<sup>2</sup>, y el aluminio para secciones iguales o superiores a 16 mm<sup>2</sup>.

Los cables de sección igual o inferior a 300 mm<sup>2</sup> serán multipolares. Para secciones mayores se emplearán cables unipolares.

Por tanto, los cables empleados serán de tres tipos:

- RZ1-K (AS): Cable de cobre flexible de tensión asignada 0,6/1 kV, aislamiento de XLPE (polietileno reticulado), cubierta de poliolefina ignífuga, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio. Este cable soporta una temperatura máxima de 90°C en régimen permanente y 250°C en cortocircuito. Será empleado para alimentar a todos los cuadros y cargas cuya sección de conductor sea inferior a 16 mm<sup>2</sup>.
- RZ1 (Al) (AS): Cable de aluminio de tensión asignada 0,6/1 kV, aislamiento de XLPE (polietileno reticulado), cubierta de poliolefina ignífuga, libre de halógenos y con baja

emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio. Este cable soporta una temperatura máxima de 90°C en régimen permanente y 250°C en cortocircuito. Será empleado para alimentar a todos los cuadros y cargas cuya sección de conductor sea superior a 16 mm<sup>2</sup>.

- RZ1FZ1-K: Cable de cobre flexible de tensión asignada 0,6/1 kV, aislamiento de XLPE (polietileno reticulado), asiento de armadura de poliolefina ignífuga, armadura de fleje de acero, cubierta de poliolefina ignífuga. Este cable soporta una temperatura máxima de 90°C en régimen permanente y 250°C en cortocircuito. Será empleado para alimentar las luminarias exteriores de la instalación, pues estará directamente enterrado.

El conductor neutro será del mismo tipo y sección que los conductores de fase. Las secciones mínima y máxima permitidas, tanto para circuitos de fuerza como de alumbrado, serán de 2,5 mm<sup>2</sup> y 630 mm<sup>2</sup>, respectivamente. En caso de requerir una sección superior, serán empleados más de un conductor por fase. Para más información sobre el dimensionamiento de conductores, acúdase a la sección 4 del documento “Cálculos” del presente proyecto.

En cuanto a la instalación en obra de los conductores, estos deberán ser fácilmente identificables, por lo que se empleará el código de colores que se muestra a continuación:

- Fase R: Color marrón.
- Fase S: Color negro
- Fase T: Color gris
- Neutro: Color azul claro

## 10.5. Canalizaciones

A continuación, se definen las características de las canalizaciones eléctricas que se emplearán en la planta desalinizadora.

### 10.5.1. Líneas de alimentación CGBT – cuadros secundarios y de emergencia

El cableado destinado a alimentar a los cuadros secundarios presentes en edificios separados, será canalizado mediante tubos enterrados, siguiendo las especificaciones descritas en la norma UNE-EN 50.086-2-4. Dichos ductos serán de PVC y tendrán una sección normalizada de acuerdo con lo establecido en el documento de “Cálculos” de este proyecto. Estos tubos se dispondrán enterrados a 700 mm de la superficie, dejando un espaciado de 125 mm entre ellos. En el caso

de que en un tramo sean necesarios más de 6 tubos, estos serán dispuestos en varias capas, separados 125 mm verticalmente.

Las bancadas de tubos serán rellenas del propio terreno natural de la zona. Además, en la capa superior se instalará una cubierta de hormigón para la protección de los tubos. Para la instalación de los cables en el interior de los tubos y para futuras labores de inspección y mantenimiento, se instalarán arquetas que permitan el acceso de operarios. Estas se colocarán en cada bifurcación y cambio de dirección de los tubos, así como en los tramos rectos con longitud superior a 50 m. Para el rutado de los ductos en la planta acúdase al documento “Planos” del presente trabajo. La siguiente figura muestra algunos ejemplos de disposición de tubos.

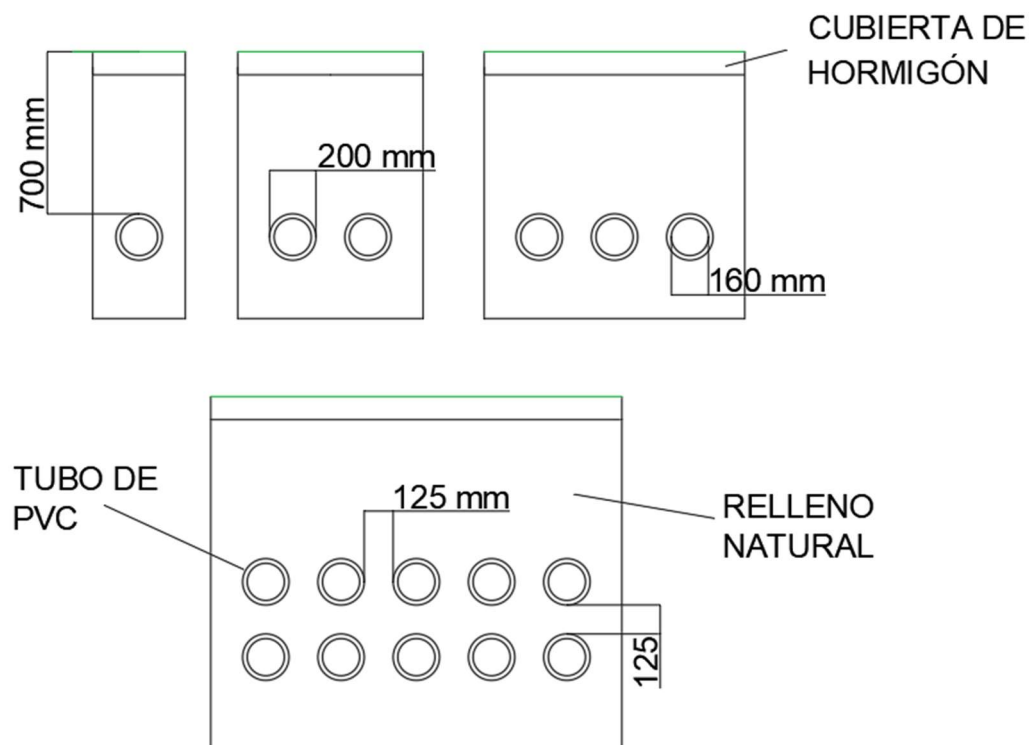


Figura 6: Tipologías ejemplo de disposición de tubos.

#### 10.5.2. Líneas de alimentación cuadros secundarios y de emergencia - receptores

Los edificios que conforman la planta desalinizadora contarán con un falso techo para el rutado de los conductores. Debido a la cimentación propia que tienen algunas bombas de alta potencia, así como a la presencia de tuberías en numerosos puntos de la planta, se ha optado por no instalar un falso suelo en los edificios para el rutado de los conductores. Estando todos los conductores en el falso techo se facilita el acceso a ellos al no interferir con los equipos de la

planta. No obstante, atendiendo a lo establecido en la sección 6 de este documento, se debe realizar una distinción entre los edificios de proceso (A – G) y el resto.

Los edificios de proceso presentan las características de local húmedo de acuerdo con lo que establece la ITC-BT 30 del REBT, por lo que sus canalizaciones eléctricas deben cumplir con una serie de condiciones:

- Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1).
- Los conductores aislados serán instalados en el interior de tubos de acuerdo con la ITC-BT 21. Dichos tubos serán colocados sobre el falso techo de los edificios.

La conexión final entre los cables de fuerza y los correspondientes equipos se realizará mediante guías articuladas de protección IPX1.

Para los edificios restantes, al no ser considerados locales húmedos, los circuitos correspondientes a las tomas de fuerza, tomas de corriente y luminarias (normales y de emergencia) serán instalados en bandejas instaladas sobre el falso techo. Estas serán de acero galvanizado y de tipo perforado, para evitar el sobrecalentamiento de los conductores. La conexión final entre los cables de fuerza y los correspondientes equipos se realizará mediante guías articuladas.

#### 10.5.3. Líneas de alimentación cuadros de emergencia – luminarias de emergencia

Al igual que en el caso anterior, se utilizarán tubos o bandejas en función del tipo de edificio.

#### 10.5.4. Línea de alimentación a las luminarias exteriores.

Las luminarias exteriores presentan la peculiaridad de estar situadas en el exterior de la planta. Por tanto, para alimentarlas, se ha escogido tender los cables directamente enterrados en el terreno, a una profundidad de 0,7 m. Por tanto, estos deberán ser armados.

## 10.6. Tomas de corriente

En este proyecto se instalarán tomas de corriente monofásicas en los distintos edificios de la instalación, para la conexión de equipos informáticos u otros dispositivos que la actividad a realizar o los propios trabajadores pudieran requerir. Se instalarán o bien en pared o bien sobre las mesas de trabajo. Las primeras serán instaladas a una altura de 20 cm sobre el suelo.

La instalación no contará con tomas trifásicas. Los equipos trifásicos presentes en la instalación se conectarán directamente al cuadro secundario correspondiente mediante el conductor diseñado y designado para ellos, de acuerdo con lo establecido en las secciones anteriores de este documento.

# 11. FUENTE PROPIA DE ENERGÍA

El objetivo de la fuente propia de energía es la de alimentar a las cargas de emergencia cuando se produce una falta de tensión en el suministro procedente de la empresa suministradora o cuando este desciende por debajo del 70 % de su valor nominal. Las cargas de emergencia son, en este caso, únicamente las de alumbrado de emergencia, imprescindibles para poder evacuar las instalaciones en condiciones de seguridad.

La fuente propia de energía escogida es un grupo electrógeno, el cual estará conectado, por medio del seccionador del CGBT, con los cuadros de emergencia repartidos a lo largo de la instalación. Este grupo electrógeno, también denominado grupo motogenerador, se trata de una máquina que mueve un generador eléctrico mediante un motor de combustión interna. Su finalidad principal es la de lograr la mínima interrupción del suministro de energía. Por ende, este debe ponerse en marcha automáticamente al detectar un fallo en el suministro proveniente de la red. Del mismo modo, una vez repuesto el suministro eléctrico normal, el control automático del grupo electrógeno debe detectarlo, desconectar el grupo, conectar el consumo de la red y detener el grupo, dejándolo disponible para fallos venideros.

Para la planta desalinizadora se ha escogido un grupo electrógeno automático e insonorizado de conmutación V2. Esta se realiza en el panel de control automático del que dispone el grupo para la transferencia de carga de la red al grupo electrógeno. Dicho panel se ubica en un armario metálico separado del grupo. El tiempo de conmutación será, como máximo, de 10 s. Además, el motogenerador permite el arranque y parada manuales por medio de un pulsador o de forma remota por contacto. Este cumple con la directiva 2006/42/CE de seguridad de máquinas, la directiva 2014/30/UE de compatibilidad electromagnética y la directiva 2014/35/UE de seguridad eléctrica.



Figura 7: Vista exterior del grupo electrógeno.

Tanto el grupo diesel como su armario de control serán ubicados junto al edificio del CT, bajo una cubierta para protegerlos de los agentes externos.

Las especificaciones generales del grupo electrógeno son:

Tensión nominal	400 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia máxima	6,5 kVA
Potencia nominal	6 kVA
Velocidad	1500 r.p.m.
Dimensiones (Largo x alto x ancho)	1650 x 1100 x 800 mm
Peso	550 kg

Por otro lado, las especificaciones del motor son las siguientes:

Potencia nominal	14 kW PRP –5 kW LTP
Tipo de motor	Diésel de 4 tiempos
Tipo de inyección	Directa
Tipo de aspiración	Turbo
Nº de cilindros	2
Diámetro x carrera	65 x 67 mm
Sistema de refrigeración	Agua
Tipo de aceite	SAE 3 10 W 30 / IPE grado CD, CF



Ratio de compresión	20
Consumo del carburante al 100 %	3 l/h
Consumo del carburante al 75 %	2 l/h
Consumo del carburante al 50 %	1,3 l/h
Consumo del carburante al 25 %	0,8 l/h
Consumo de aceite a plena carga	1,5 % del consumo de carburante
Capacidad del depósito	40 l
Capacidad de aceite	3 l
Cantidad de líquido refrigerante	4 l
Aire necesario para la combustión	50 m <sup>3</sup> /h
Regulación	Electrónica
Filtro de aire	Seco
Diámetro interior del tubo de escape	40 mm

Del mismo modo, las características del alternador son:

Número de polos	4
Tipo de conexión	Estrella (Y)
Tipo de acoplamiento	SAE-3 11" ½
Clase de aislamiento	Clase H
Grado de protección mecánica	IP 23
Sistema de excitación	Autoexcitado sin escobillas
Regulación de tensión	Compound
Acoplamiento	Disco flexible
Revestimiento	Impregnación bajo vacío
Reactancia subtransitoria (x <sub>d</sub> '')	9 %
cos φ	0.8

## 12. ALUMBRADO

Todas las luminarias que serán instaladas en el edificio se pueden dividir en dos categorías: alumbrado normal y alumbrado de emergencia. La primera categoría la conforman todas las luminarias destinadas a la realización de la actividad industrial prevista en la planta en condiciones de confort visual para todas las personas trabajadoras. La segunda la conforman aquellas luminarias destinadas a la evacuación del edificio en condiciones de seguridad en caso de emergencia. Dado que algunos edificios de la instalación son de tipo “húmedo”, las luminarias deben tener una protección de al menos IPX1, de acuerdo con la ITC-BT 30 del REBT.

### 12.1. Alumbrado normal

El alumbrado normal de los distintos edificios que componen la planta se ha calculado de forma que cumpla con los requisitos de iluminación establecidos por la norma europea sobre iluminación para interiores (UNE 12464.1). Dicha norma, en función de la actividad a realizar en cada edificio, establece unos niveles de iluminación mínimos que se han de cumplir para garantizar que se satisfacen las siguientes necesidades:

- Confort visual: Sensación de bienestar en relación a la iluminación del entorno, la cual afecta en la productividad de las personas trabajadoras.
- Prestaciones visuales: Capacidad de realizar las tareas visuales del trabajo durante un tiempo prolongado e incluso bajo circunstancias difíciles.
- Seguridad: Iluminación suficiente para poder prevenir situaciones de peligro y para evacuar el edificio en el caso de que estas se den.

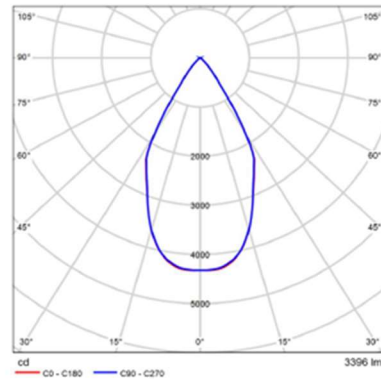
Como se explica en la sección 6 del documento de “Cálculos” del presente trabajo, para la elección del modelo de luminarias normales de cada edificio y la cantidad de estas a emplear se ha utilizado el programa “DiaLUX”. Los modelos de luminaria escogidos son:

- RIO - 31W 5000K CRI90 60D

RIO - 31W 5000K CRI90 60D



Article No.	LDG922 CXM-14 Gen 3
P	93.0 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	10188 lm
Luminous efficacy	109.5 lm/W
CCT	4916 K
CRI	90



Polar LDC for Light emission 1, 2 and 3

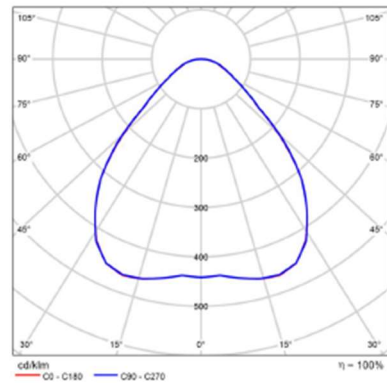
31w 3 head LED gimbal light in matte white color, with Luminus Gen-3 CXM-14 Chip, CCT: 5000K, CRI90, with 60deg reflector, 100-240v 900mA driver

- Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C

Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C



Article No.	1022.5549 - SOLO SO CR528 LED3700-840 DIR WH DALI
P	31.0 W
$\Phi_{Lamp}$	3700 lm
$\Phi_{Luminaire}$	3700 lm
$\eta$	100.00 %
Luminous efficacy	119.3 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Polar LDC

Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office for false ceilings, with LED, system power: 25 W, luminous flux of luminaire 3700 lm, colour rendering index CRI >80, 4000 K, neutral white, colour tolerances SDCM 3, lifetime LED L80 50'000 h, office-compatible and glare-free according to EN 12464-1 (UGR < 19;  $L_{max} \geq 65^\circ \leq 3000 \text{ cd/m}^2$ ), 230 V, direct light emission, housing in metal, white, with ceiling trim, neat shadow gap, diffuser in polymethyl methacrylate (PMMA) office-suitable microprismatic CLD optics (Controlled Luminance Diffusor) for perfect glare control, 1 integral control gear, DALI, Regent certified MINERGIE®-Modul luminaires S.A.F.E. 2019 (Re-0290), luminaire complies with the strict requirements for Minergie-certified luminaires protection class I, ingress protection IP40, glow wire test 650 °C, this product contains a light source of energy efficiency class B  $\varnothing = 528 \text{ mm}$ ,  $DA\varnothing = 518 \text{ mm}$ ,  $ET = 100 \text{ mm}$

Glare evaluation according to UGR												
p. Ceiling		70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	
p. View		50	30	50	30	20	20	30	20	30	20	
p. Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Room size	X	Viewing direction at right angles to lamp axis						Viewing direction parallel to lamp axis				
Y												
2H	2H	18.3	17.4	16.6	17.7	17.9	16.3	17.4	16.6	17.7	17.8	
	2H	17.0	16.3	17.5	16.3	16.0	17.3	16.1	17.3	16.3	16.6	
	4H	17.4	16.4	17.7	16.6	16.9	17.4	16.4	17.8	16.7	16.9	
	6H	17.6	16.7	16.1	19.0	19.3	17.6	16.7	16.2	16.0	16.3	
	8H	17.9	16.8	16.3	19.1	19.4	18.0	16.6	16.3	16.2	16.5	
	12H	18.1	16.9	16.5	19.3	19.6	16.1	16.0	16.3	16.3	16.6	
4H	2H	16.5	17.6	16.9	17.8	18.1	16.5	17.6	16.9	16.8	16.1	
	3H	17.5	16.3	17.9	16.6	16.0	17.5	16.3	17.9	16.6	16.0	
	4H	16.0	16.9	16.4	19.1	19.5	16.1	16.6	16.4	16.1	16.5	
	6H	16.6	19.2	19.0	19.6	20.0	16.8	16.3	19.0	19.6	20.0	
	8H	16.8	19.4	19.5	19.8	20.2	16.8	19.4	19.3	19.8	20.2	
	12H	16.1	19.6	19.5	20.0	20.5	16.9	19.6	19.5	20.0	20.4	
6H	4H	16.3	16.9	16.7	19.3	19.7	16.3	16.9	16.7	19.3	19.7	
	6H	16.0	19.5	19.4	19.9	20.4	16.9	19.5	19.4	19.9	20.4	
	8H	16.3	19.8	19.8	20.2	20.7	16.9	19.8	19.8	20.2	20.7	
	12H	16.6	20.3	20.1	20.5	21.0	16.6	20.3	20.1	20.5	21.0	
12H	4H	16.3	16.6	16.7	19.3	19.7	16.3	16.6	16.7	19.3	19.7	
	6H	16.0	19.5	19.5	19.9	20.4	16.9	19.5	19.5	19.9	20.4	
	8H	16.4	19.8	19.9	20.3	20.8	16.9	19.8	20.0	20.3	20.8	

Variation of the observer position for the luminaires distances 0		
S = 1.0H	+0.4 / -0.5	+0.4 / -0.5
S = 1.5H	+0.8 / -0.9	+0.8 / -0.9
S = 2.0H	+1.7 / -1.3	+1.7 / -1.3
Standard table:	BR04	BR04
Corrected sunfactor	1.0	1.0

Corrected glare index referring to 3700lm Total luminous flux

UGR diagram (SHR: 0.25)

Para más información, veáse el estudio luminotécnico en el documento de cálculos de este proyecto.

## 12.2. Alumbrado de emergencia

En cuanto al alumbrado de emergencia, este debe cumplir las siguientes funciones:

- Alumbrar, en un nivel suficiente, las vías de evacuación para que las personas puedan abandonar el edificio con seguridad a través de las salidas previstas para estos casos.
- Iluminar las propias señales de evacuación.
- Garantizar que los distintos equipos de alarma y equipos de protección disponibles puedan localizarse fácilmente y usarse rápidamente. Por ejemplo, los equipos de protección contra incendios.

- Facilitar y permitir que las operaciones necesarias vinculadas con las medidas de seguridad se puedan desarrollar con la máxima normalidad posible.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, el alumbrado de emergencia es de obligatoria instalación en los siguientes casos:

- Recintos con ocupación esperada superior a 100 personas.
- Aparcamientos cerrados o cubiertos de más de 100 m<sup>2</sup> de superficie.
- Itinerarios de evacuación y zonas de refugio.
- Locales de pública concurrencia.
- Señales de seguridad.
- Locales con equipos generales de protección contra incendios o de riesgo especial.
- Lugares donde se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado.

Así mismo, el REBT declara la obligatoriedad de la iluminación de emergencia en comunidades de propietarios, oficinas, locales comerciales y almacenes que tengan zona abierta al público. Por tanto, teniendo en cuenta las características de la planta desalinizadora, se ha determinado que contarán con alumbrado de emergencia todas las rutas de evacuación de los edificios, así como las luminarias exteriores presentes en el recinto.

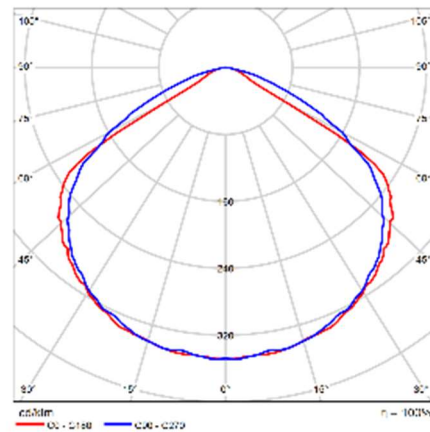
El modelo de luminaria escogido para el alumbrado de emergencia es:

## Eaton Emergency Lighting - Safelite 30m,MNM,IP65,200lm,1H

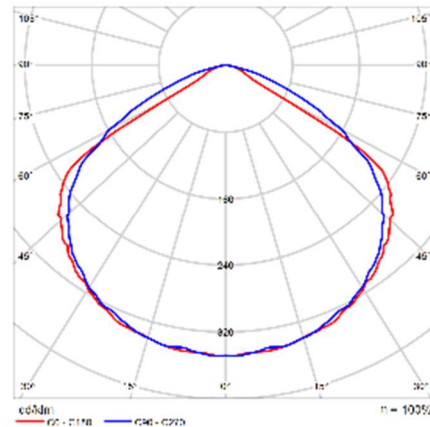


Article No.	SL3MNM65F1C3A
P	2.5 W
P <sub>Emergency lighting</sub>	2.5 W
$\Phi_{Lamp}$	60 lm
$\Phi_{Luminaire}$	60 lm
$\Phi_{Emergency lighting}$	200 lm
$\eta$	100.00 %
ELF	100 %

- Compact self-contained luminaire for all applications (Escape route, Anti-panic, Exit sign)
- IP42 & IP65 versions with same dimensions
- One product throughout installation for same look and feel across the building
- EN compliance
- Luminaire suitable for maintained and non maintained mode
- Accessories available for a better integration in all buildings
- Easily installed as retro fit due to good performance ensuring scheme compliance
- 3h Duration
- Latest generation LEDs with high lumen/watt ratio
- Manual test via magnet
- Delivered with a set 3 adhesive exit pictograms (L, R, D)



Polar LDC



Polar LDC

Del mismo modo, el modelo de luminaria exterior seleccionado es:

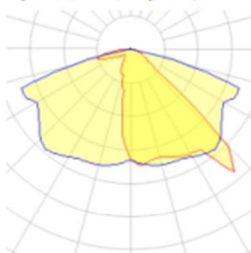
STARBEAM ECO - ROADWAY DISTRIBUTION - 31W - 4000K  
 SB19679  
 THORLUX LIGHTING



IP  
66

Supremely efficient long life IP66 pole top and wall mounted LED luminaires with aluminium cast body and wiring box and polycarbonate cover.

Light output 1 (integrated)



Lamp type	LED	CCT	4000 K
Nominal lamp power	35 W	CRI	70
Total flux	5070 lm	LOR	100%
Luminous efficacy	145 lm/W	Total power	35 W

Mounting mode

Pole top mounted

Shape and measurements

Length: 220 mm

Width: 400 mm

Height: 135 mm

Adjustability

Fixed

Electric

System power: 35 W

Protection

IP: 66

Para más información, veáse el estudio luminotécnico en el documento de cálculos de este proyecto.

## 13. SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Los sistemas de protección son aquellos equipos que protegen a los conductores eléctricos y a las personas de posibles fallos que pueden ocurrir en la instalación. Concretamente, estos son sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos.

### 13.1. Protección frente a sobreintensidades

Se define la sobreintensidad o sobrecorriente como la situación en la que una intensidad de corriente eléctrica mayor a la prevista pasa a través de un conductor, lo cual causa una generación excesiva de calor (por el efecto Joule), y por tanto, riesgo de incendio o daños al equipo. Se distinguen dos clases de sobreintensidades:

- Sobrecargas: Son sobreintensidades que tienen lugar por un exceso de intensidad demandado por las cargas alimentadas, sin presencia de fallo eléctrico.
- Cortocircuitos: Son sobreintensidades de valor muy superior a la intensidad máxima admisible por el conductor (del orden de kA), que se producen ante una falta a tierra o entre fases.

Los dispositivos de protección empleados para ambos tipos de sobreintensidad son interruptores automáticos. Estos presentan una característica de disparo magnética (apta para actuar ante cortocircuitos) y otra térmica (apta para sobrecargas). Para más información véase el apartado 13.3.

### 13.2. Protección frente a contactos indirectos

Se define el contacto indirecto como el de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento. Dado que el esquema de conexión escogido para la instalación es de tipo TT, para la protección frente a contactos indirectos se emplearán dispositivos de corriente diferencial residual (comúnmente denominados diferenciales o DDR). Estos son dispositivos de protección asociados a un captador toroidal, por el interior del cual circulan todos los conductores activos de la línea a proteger (fase/s y neutro). Su función es la de detectar una diferencia de corriente o, más exactamente, una corriente residual, la existencia de la cual es la consecuencia del defecto de aislamiento mencionado anteriormente. La razón de empleo de estos dispositivos es que, debido a la elevada resistencia del bucle de defecto de una falta en un esquema TT, la intensidad de falta puede no ser lo suficientemente alta para ser detectada por las protecciones frente a



sobreintensidades. Es decir, puede ser que la intensidad de falta sea inferior a la intensidad de disparo del interruptor automático. Este problema se acentúa en las cargas terminales, pues son los circuitos de mayor longitud de la instalación y, por tanto, con mayor resistencia.

En la distribución terminal destinada a usuarios (tomas de corriente y luminarias) se emplearán DDR de alta sensibilidad ( $I_A \leq 30 \text{ mA}$ ), mientras que para el resto de equipos industriales de la planta, para evitar disparos intempestivos, emplearán diferenciales de 300 mA. Además, los dispositivos diferenciales se clasifican en clases en función del tipo de corriente de fuga prevista. En la instalación serán empleados, por norma general, diferenciales de tipo A, diseñados para intensidades de carácter sinusoidal pulsante con una componente de corriente continua de hasta 6 mA. Como excepción, los reguladores de velocidad (variadores de frecuencia) y los aparatos de aire acondicionado, debido a su elevado grado de distorsión de la onda y de acuerdo con la recomendación del suministrador, emplearán diferenciales de clase B.

### 13.3. Selección de dispositivos de protección

Los dispositivos de protección empleados en la instalación para actuar frente a sobrecargas y cortocircuitos son interruptores magnetotérmicos, interruptores automáticos de caja moldeada e interruptores automáticos de bastidor abierto (MCB, MCCB y ACB por sus siglas en inglés). Los primeros, también llamados interruptores automáticos modulares, se utilizarán para aquellos circuitos terminales de baja potencia, es decir, aquellos cuya intensidad asignada del interruptor sea igual o inferior a 100 A que no requieran regulación. Del mismo modo, en aquellos circuitos terminales con una intensidad asignada del interruptor superior a los 100 A o de intensidad inferior pero que necesiten regulación, así como los cuadros eléctricos secundarios de la instalación, serán protegidos mediante MCCB. El término regulación se refiere a la capacidad de los interruptores para realizar un ajuste fino de su intensidad nominal de disparo, de forma que asegure la protección y la ausencia de disparos intempestivos. Finalmente, el CGBT será protegido mediante un ACB.

En cuanto a las protecciones frente a contactos indirectos, se emplearán dispositivos diferenciales residuales. Debido al esquema de puesta a tierra de la instalación (TT), estos se instalarán en todos los circuitos de la planta. Los circuitos terminales protegidos mediante MCB y MCCB emplearán dispositivos diferenciales acoplables a estos de la misma gama. En el caso de los ACB, la protección diferencial va incluida en el propio interruptor electrónico.

El suministrador escogido para los dispositivos de protección es Schneider Electric. En concreto, se han escogido los siguientes dispositivos de protección:

- Interruptores magnetotérmicos: Gama “Acti 9”.
- Interruptores automáticos de caja moldeada: Gama “ComPacT”.
- Interruptores automáticos de bastidor abierto: Gama “MasterPact MTZ”.
- Dispositivos diferenciales residuales:
  - Vigi iC60 (Gama “Acti 9”).
  - VigiPacT (Gama “ComPacT”).

## 14. PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

En esta sección se determinan las características del sistema de puesta a tierra de la instalación eléctrica de la planta desalinizadora. Para ello, primeramente, se deben distinguir dos tipos de puestas a tierra: la puesta a tierra de servicio y la de protección. La primera la conforma la puesta a tierra del neutro del transformador del CT, y tiene el fin de establecer un potencial de referencia para la instalación eléctrica. La segunda, la conforman las puestas a tierra de las masas de todos los equipos metálicos de la instalación (ver sección 8.3 de este documento), y tiene como finalidad derivar las corrientes de falta producidas por caída de rayos, averías, cortocircuitos o sobretensiones. Habrá una puesta a tierra de protección para el centro de transformación (también denominada puesta a tierra de herrajes) y otra para los equipos de baja tensión.

### 14.1. Puesta a tierra de servicio

La tierra de servicio la conformará la puesta a tierra del neutro del transformador. Se ha optado por poner el neutro a tierra mediante el empleo de una resistencia de puesta a tierra, de valor  $56 \Omega$ .

### 14.2. Puesta a tierra de herrajes

La puesta a tierra de las masas del CT se realizará mediante:

- Un conductor de cobre desnudo de  $50 \text{ mm}^2$  de sección, enterrado a 50 cm de profundidad, formando un cuadrado de 5 x 5 m rodeando del CT.
- 4 picas de acero galvanizado colocadas en cada vértice de la cuadrícula mencionada. Tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m.

### 14.3. Puesta a tierra de protección de baja tensión

La puesta a tierra de protección es la conexión de todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos de la instalación, comúnmente denominadas masas. Estas son, por ejemplo, envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los equipos, etc.

La puesta a tierra de protección la conforman dos elementos:

- Malla de puesta a tierra: Se trata de un conductor enterrado dispuesto formando una malla a lo largo de toda la planta, creando anillos alrededor de los edificios. En el documento de “planos” de este proyecto se muestra su tendido. El conductor es de cobre desnudo, presenta una sección de 50 mm<sup>2</sup> y está enterrado a una profundidad de 0,8 m.
- Conductores de conexión con las masas: Son los conductores empleados para conectar las masas de todos los equipos metálicos a la malla de tierras, como bombas, bandejas, mallazos de cimentación, etc. Dichos conductores serán de cobre aislado con XLPE, y se conectarán a la malla de tierras mediante soldadura aluminotérmica. La sección de estos conductores es de 35 mm<sup>2</sup>. Dichos conductores se instalarán, para elementos estructurales, bajo los propios edificios. En el caso de los equipos eléctricos, todas las bandejas llevarán un cable de acompañamiento grapado a esta para dar tierra, de forma que todas las masas de los componentes metálicos se conectarán a él. Dicho cable se conectará a la malla de tierras a la salida de cables del edificio, junto al cuadro secundario correspondiente. Por su parte, el centro de transformación también tendrá su conexión a la malla desde la toma a tierra.

La red de tierras de protección no tendrá picas (electrodos) de puesta a tierra, debido a la extensa malla que rodea los edificios.

## 15. PARARRAYOS

De acuerdo con el estudio de riesgo de impacto de rayos realizado en el documento de Cálculos del presente proyecto, se determina que el edificio C de la planta deberá contar con un sistema de protección frente al rayo. Dicho sistema contará con un sistema interno y otro externo, así como de una red de tierras.

### 15.1. Sistema externo

El sistema externo lo componen los dispositivos captadores y los derivadores (conductores de bajada). Los dispositivos captadores escogidos son pararrayos con dispositivo de cebado, de las siguientes características:

- Tiempo de avance en el cebado del pararrayos: 60  $\mu$ s.
- Radio de protección del pararrayos ( $D + \Delta L$ ): 120 m.

Según lo expuesto en el documento de Cálculos, solamente es necesario un pararrayos. El volumen protegido por este es:

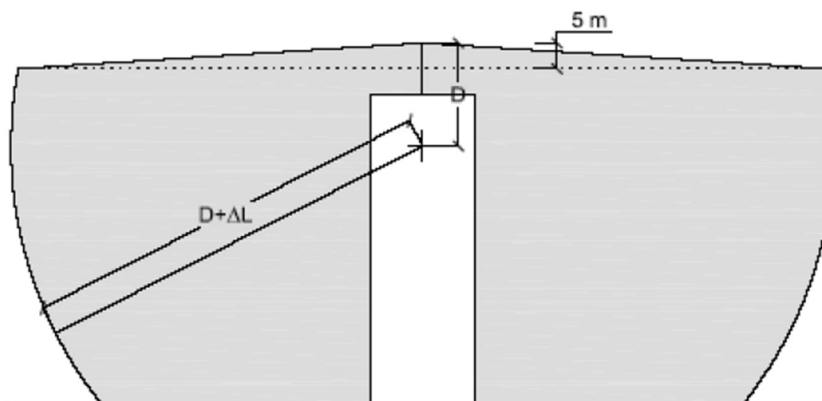


Figura 8: Volumen protegido por el pararrayos.

### 15.2. Sistema interno

Según el CTE, el sistema interno lo componen los dispositivos para la reducción de los efectos eléctricos y magnéticos de la corriente de descarga atmosférica, dentro del espacio que se debe proteger (edificio C). Se han seleccionado dispositivos de protección frente a sobretensiones (descargadores) tipo I + II. Si bien solamente resulta necesaria la instalación de pararrayos en el

edificio C, se ha optado por instalar los descargadores en todos los cuadros eléctricos secundarios presentes en la planta.

Además, el sistema de protección externo debe unirse con la estructura metálica del edificio, la instalación metálica, los elementos conductores externos, los circuitos eléctricos y de telecomunicación del espacio a proteger (edificio C) mediante conductores de equipotencialidad (cable de cobre aislado de 35 mm<sup>2</sup>). No obstante, cuando no pueda realizarse la unión equipotencial de algún elemento conductor, los conductores de bajada se dispondrán a una distancia de dicho elemento superior a la distancia de seguridad  $d_s$ , siendo esta igual a:

$$d_s = 0,1 \cdot L$$

L es la distancia vertical desde el punto en que se considera la proximidad hasta la toma de tierra de la masa metálica o la unión equipotencial más próxima. En el caso de canalizaciones exteriores de gas, la distancia de seguridad será de 5 m como mínimo.

### 15.3. Red de tierras

El CTE establece que la red de tierra debe ser la adecuada para dispersar en el terreno la corriente de las descargas atmosféricas. Ver la sección 14.

## 16. COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

Debido a la necesidad de ciertos equipos de campos magnéticos para su funcionamiento, las cargas eléctricas consumen, además de potencia activa, potencia reactiva. Esta, si bien es necesaria para el funcionamiento de dichas cargas, no produce un trabajo directamente aprovechable. Además, es causante de pérdidas en los conductores y caídas de tensión. Así mismo, si es muy elevada, puede conllevar sobrecostes en la factura eléctrica, debido al coste que le supone a la compañía de distribución eléctrica el suministro de esa energía reactiva. Por ello se suelen emplear equipos de compensación de energía reactiva que inyecten energía reactiva en la instalación y que, por tanto, reduzcan el consumo de esta desde la red. El objetivo es que la potencia reactiva consumida por la instalación no supere el 33% de la potencia activa consumida. En otras palabras, se debe buscar que el factor de potencia global de la instalación sea siempre superior al 0,95. Valores inferiores obligarán a pagar una tasa a la compañía distribuidora.

En este caso, la potencia reactiva consumida por la instalación será compensada mediante una batería de condensadores de las siguientes características:

Modelo	VarSet Easy
Fabricante	Schneider Electric
Tensión de red	400 V a 50 Hz
Capacidad	125 kVAr
Regulación	25+2·50
Dimensiones	1000 x 800 x 300
Poder de corte	I <sub>cc</sub> = 35 kA
Máxima sobrecarga admisible	1.36 x I <sub>n</sub>
Máxima sobretensión admisible	1.1 x U <sub>n</sub>
Grado de protección	IP31

Dicha batería será ubicada en el edificio L de la planta, donde también se ubica el propio centro de transformación. Nótese que en el CGBT debe preverse una salida para proteger la batería de condensadores, que se realizará bien con un interruptor automático o fusibles y dimensionados entre 1.5 y 1,8 I<sub>n</sub> de la batería de condensadores, de acuerdo con lo expuesto en la ITC-BT 48.

## 17. PLANIFICACIÓN

En esta sección se detalla la planificación que se ha de seguir para la realización del proyecto, indicando las distintas fases que lo conforman, describiendo los hitos principales y representando el proceso mediante un diagrama de Gantt.

### 17.1. Fases del proyecto

El proyecto consta de las fases mostradas en la siguiente tabla. También se incluye la duración estimada de cada fase y el número de recursos necesarios para su compleción.

CÓDIGO	ACTIVIDAD	DURACIÓN (días)	Nº DE TRABAJADORES
1	Construcción del local del CT	4	5
2	Instalación de celdas del CT	3	5
3	Instalación del transformador	2	5
4	Marcado de líneas	6	4
5	Instalación de red de tierras	6	4
6	Instalación de protección frente a rayos	3	4
7	Construcción de bancos de ductos	7	10
8	Instalación del CGBT	2	2
9	Montaje de los cuadros secundarios	8	2
10	Instalación de bandejas y tubos	15	10
11	Instalación de cableado	15	10
12	Instalación de compensación de reactiva	2	2
13	Montaje del grupo electrógeno	2	2
14	Montaje y conexionado de luminarias	10	5
15	Conexionado de receptores	7	4
16	Realización de pruebas de puesta en marcha	7	10

Tabla 15: Fases del proyecto.

### 17.2. Diagrama de Gantt

A continuación, se adjunta el diagrama de Gantt del proyecto de construcción de la red de baja tensión de la planta desalinizadora. En él se muestran las fases indicadas en la sección anterior, mostrando cuáles de ellas son críticas (en rojo) y cuál es la relación entre unas y otras.



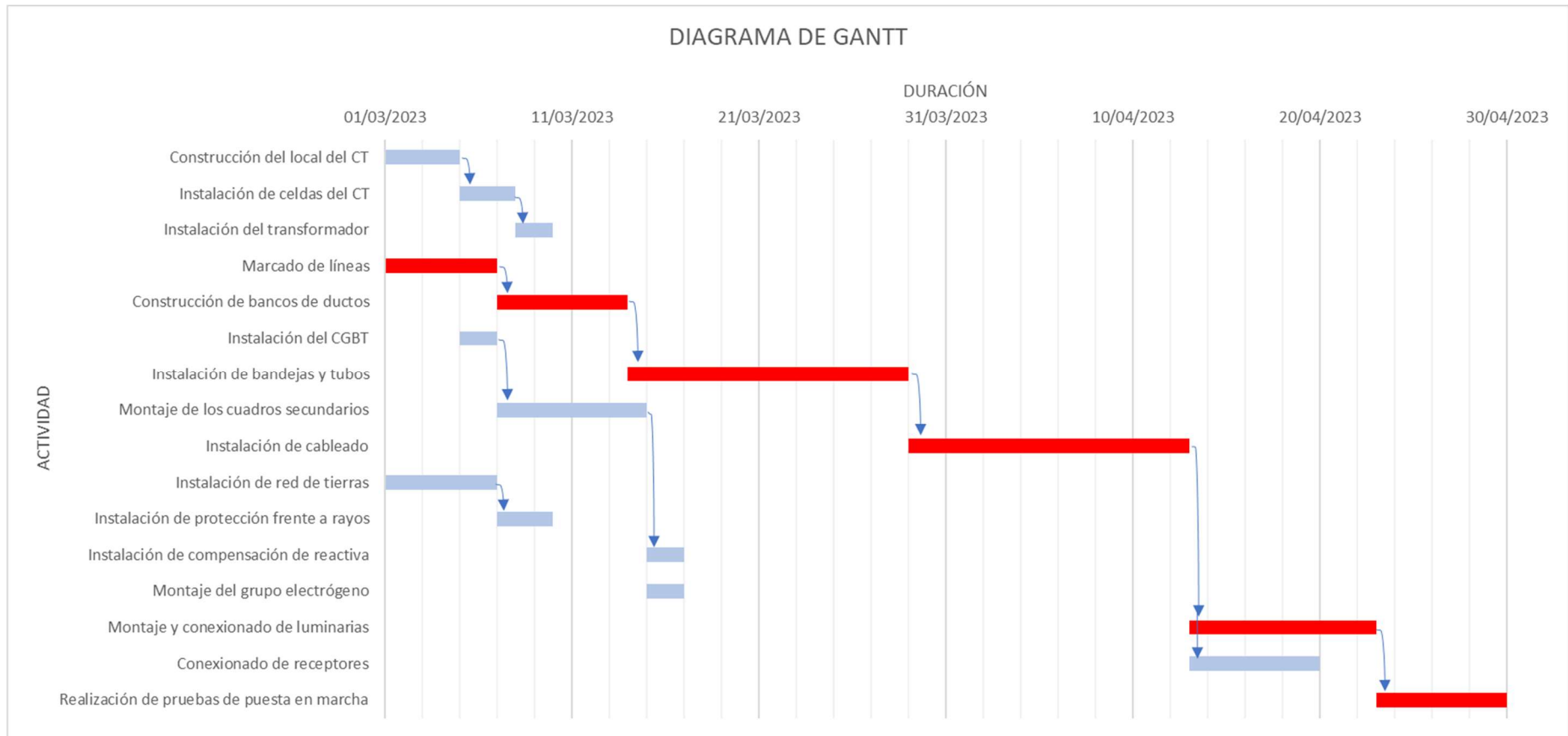


Figura 9: Diagrama de Gantt.

## 18. NORMATIVA APLICABLE

Se lista a continuación toda la normativa aplicable en el diseño de la red de baja tensión de la planta desalinizadora, así como las normas que, sin ser de obligado cumplimiento, han sido empleadas en el diseño.

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Aprobado por el Consejo de Ministros, y reflejado en el Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto, y publicado en el BOE nº. 224 de fecha.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo. Modificado conforme al RD 732/2019, del 20 de Diciembre.
- Norma UNE-EN 12464.1: Norma europea sobre la iluminación para interiores. AENOR, 2022.
- Norma UNE-EN 61439-5: Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 5: Conjuntos de aparata para redes de distribución pública. AENOR, 2015.
- UNE-EN 50.086-2-4: Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-4: requisitos particulares para sistemas de tubos enterrados. AENOR, 1995.
- IEC 60038: IEC Standard Voltages. IEC, 2009.
- UNE-EN 61439-2: Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 2: Conjuntos de aparata de potencia. AENOR, 2012.
- UNE-HD 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-52: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones. AENOR, 2014.
- UNE-EN 60909-0: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes. AENOR, 2016.
- UNE 21239-1: Cálculo de las corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 1: Factores para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna de acuerdo con la norma CEI 60909. AENOR, 2001.
- UNE-EN 60898-1: Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna. AENOR, 2020.
- UNE-EN 60811-1-1: Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos y de cables de fibra óptica. Parte 1: Métodos de aplicación

general. Sección 1: Medida de espesores y diámetros exteriores. Determinación de las propiedades mecánicas. AENOR, 1996.

- UNE 21089-1: Identificación de los conductores aislados de los cables. AENOR, 2002.
- UNE-HD 60364-5-54: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-54: Selección e instalación de los equipos eléctricos. Puesta a tierra y conductores de protección. AENOR, 2015.
- UNE-EN 60598-2-22: Luminarias. Parte 2-22: Requisitos particulares. Luminarias para alumbrado de emergencia. AENOR, 2015.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

## MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

# DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

## ***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

*Bilbao, marzo de 2023*

# ÍNDICE

1.	CONSIDERACIONES PREVIAS .....	1
2.	CÁLCULO DE LA DEMANDA PREVISTA.....	2
3.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN .....	10
3.1.	Impedancias equivalentes en la red de AT.....	10
3.1.1.	Impedancia equivalente de la red de AT.....	10
3.1.2.	Impedancia equivalente de la línea subterránea de 30 kV .....	11
3.1.3.	Impedancia equivalente de la acometida de las celdas del CT.....	11
3.1.4.	Impedancia equivalente del transformador .....	12
3.1.5.	Impedancia total .....	13
3.2.	Corriente de cortocircuito en la red de AT.....	13
4.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT .....	15
4.1.	Dimensionamiento de conductores.....	15
4.1.1.	Dimensionamiento por criterio térmico .....	15
4.1.2.	Dimensionamiento por criterio de caída de tensión.....	16
4.1.3.	Dimensionamiento por energía específica pasante.....	17
4.1.4.	Parámetros para el cálculo.....	17
4.1.5.	Factores de corrección .....	19
4.1.6.	Criterios de selección .....	22
4.1.7.	Resultados .....	22
4.2.	Dimensionamiento del grupo electrógeno .....	29
4.3.	Corrientes de cortocircuito .....	29
4.3.1.	Corrientes de cortocircuito máximas .....	30
4.3.2.	Corrientes de cortocircuito mínimas.....	31
4.3.3.	Resultados .....	32
4.4.	Alimentación desde el grupo electrógeno .....	36
5.	DIMENSIONAMIENTO DE CANALIZACIONES .....	38
5.1.	Tubos.....	38
5.1.1.	Cables CGBT – Cuadros secundarios y de emergencia.....	38
5.1.2.	Cables cuadros secundarios o de emergencia – cargas finales.....	40
5.2.	Bandejas .....	40
6.	CÁLCULO DE ALUMBRADO.....	42
6.1.	Alumbrado normal .....	42
6.2.	Alumbrado de emergencia.....	42
6.3.	Resultados.....	44
7.	SISTEMA DE PROTECCIÓN .....	46

7.1.	Protección frente a sobrecargas .....	46
7.2.	Protección frente a cortocircuitos .....	47
7.3.	Protección frente a contactos indirectos.....	50
7.4.	Protecciones seleccionadas.....	51
7.5.	Estudio de selectividad de interruptores automáticos .....	56
7.5.1.	CGBT .....	56
7.5.2.	Cuadro A.....	57
7.5.3.	Cuadro B.....	57
7.5.4.	Cuadro C1 .....	57
7.5.5.	Cuadro C2 .....	58
7.5.6.	Cuadro D.....	58
7.5.7.	Cuadro E .....	58
7.5.8.	Cuadro F .....	58
7.5.9.	Cuadro G.....	59
7.5.10.	Cuadro H.....	59
7.5.11.	Cuadro I .....	59
7.5.12.	Cuadro J.....	59
7.5.13.	Cuadro K .....	60
7.5.14.	Cuadros de emergencia (EA – EX) .....	60
8.	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	61
8.1.	Estudio de la resistividad del terreno.....	61
8.2.	Tierra de servicio .....	61
8.3.	Tierra de masas del centro de transformación .....	62
8.4.	Tierra de protección de BT .....	63
9.	DIMENSIONAMIENTO DE PARARRAYOS .....	65
9.1.	Evaluación del riesgo de impacto de rayos.....	65
9.2.	Dimensionamiento de pararrayos.....	68
10.	COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA .....	70

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema unifilar de las impedancias equivalentes del tramo de AT.....	10
Figura 2: Curva de limitación de energía para los ACB de la gama “MasterPact MTZ” de Schneider Electric.....	48
Figura 3: Curva de limitación de energía para los MCCB clase NSXm de la gama “ComPact” de Schneider Electric.....	49
Figura 4: Curva de limitación de energía para los MCCB clase NSX de la gama “ComPact” de Schneider Electric.....	49
Figura 5: Tabla de selectividad de interruptores diferenciales.....	50
Figura 6: Mapa de densidad de impactos sobre el terreno Ng (CTE).....	66
Figura 7: Vista superior del volumen protegido por el pararrayos.....	69

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de utilización.....	2
Tabla 2: Factores de simultaneidad .....	2
Tabla 3: Intensidad total para el cuadro A.....	4
Tabla 4: Intensidad total por el cuadro B.....	4
Tabla 5: Intensidad total por los cuadros C1 y C2.....	5
Tabla 6: Intensidad total por el cuadro D.....	5
Tabla 7: Intensidad total por el cuadro E.....	5
Tabla 8: Intensidad total por el cuadro F.....	5
Tabla 9: Intensidad total por el cuadro G.....	6
Tabla 10: Intensidad total por el cuadro H.....	6
Tabla 11: Intensidad total por el cuadro I.....	6
Tabla 12: Intensidad total por el cuadro J.....	6
Tabla 13: Intensidad total por el cuadro K.....	7
Tabla 14: Intensidad total por el cuadro EA.....	7
Tabla 15: Intensidad total por el cuadro EB.....	7
Tabla 16: Intensidad total por el cuadro EC.....	7
Tabla 17: Intensidad total por el cuadro ED.....	7
Tabla 18: Intensidad total por el cuadro EE.....	7
Tabla 19: Intensidad total por el cuadro EF.....	8
Tabla 20: Intensidad total por el cuadro EG.....	8
Tabla 21: Intensidad total por el cuadro EH.....	8
Tabla 22: Intensidad total por el cuadro EI.....	8
Tabla 23: Intensidad total por el cuadro EJ.....	8
Tabla 24: Intensidad total por el cuadro EK.....	8
Tabla 25: Intensidad total por el cuadro EX.....	8
Tabla 26: Intensidad total por el cuadro general de baja tensión.....	9
Tabla 27: Parámetros ambientales.....	17
Tabla 28: Resistencia (R) y reactancia (X) de en función de la sección, conductores de cobre..	18
Tabla 29: Resistencia (R) y reactancia (X) de en función de la sección, conductores de aluminio. .....	18
Tabla 30: Factores de corrección generales para el cálculo de cables.....	19
Tabla 31: Factores de corrección por agrupamiento para los circuitos alimentados desde el CGBT instalados en tubo enterrado.....	20
Tabla 32: Factores de agrupamiento para los circuitos secundarios o de emergencia canalizados en tubo.....	21
Tabla 33: Factores de agrupamiento para los circuitos secundarios o de emergencia canalizados en bandeja.....	21
Tabla 34: Factor de agrupamiento para los circuitos de alimentación a las luminarias exteriores. .....	22
Tabla 35: Resultados del cálculo de secciones de los conductores de la instalación.....	28
Tabla 36: Potencia requerida para el grupo electrógeno.....	29
Tabla 37: Corrientes máximas y mínimas de cortocircuito de los cables de la instalación, alimentación normal.....	35
Tabla 38: Corrientes máximas y mínimas de cortocircuito de los cables de la instalación, alimentación de emergencia.....	37
Tabla 39: Secciones normalizadas de tubos.....	38
Tabla 40: Tamaño mínimo de los tubos enterrados para cada cable.....	39
Tabla 41: Número de ductos enterrados en cada tramo.....	39



Tabla 42: Número y sección de tubos para cada cuadro, edificios de proceso. ....	40
Tabla 43: Secciones normalizadas de las bandejas. ....	41
Tabla 44: Número de bandejas salientes de cada cuadro secundario y de emergencia de la planta. ....	41
Tabla 45: Luminarias normales de cada edificio de la planta. ....	44
Tabla 46: Luminarias de emergencia de cada edificio de la planta. ....	45
Tabla 47: Factor K para el cálculo de la energía específica, para cables aislados con XLPE. ....	48
Tabla 48: Dispositivos de protección seleccionados para cada carga, alimentación normal. ....	54
Tabla 49: Dispositivos de protección seleccionados, alimentación de emergencia. ....	55
Tabla 50: Coeficiente $C_1$ (CET). ....	66
Tabla 51: Coeficientes para el cálculo de $N_a$ (CTE). ....	67
Tabla 52: Valores de los coeficientes para el cálculo de $N_a$ . ....	67
Tabla 53: Determinación de la necesidad de empleo de pararrayos. ....	68
Tabla 54: Niveles de protección en función de la eficiencia requerida (CTE). ....	68
Tabla 55: Distancia D en función del nivel de protección (CTE). ....	69

# 1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Este documento incluye todos los cálculos relevantes realizados para el diseño técnico de la red eléctrica de baja tensión de la planta desalinizadora. Dicha red tiene las siguientes características principales:

- Clase de corriente: Alterna trifásica
- Tensión nominal de la red de AT: 30 Kv
- Tensión más elevada de la red de AT: 36 kV
- Tensión nominal entre fases de la red de BT: 400 V
- Tensión nominal entre fases y tierra en BT: 230 V
- Sistema de puesta a tierra: TT

## 2. CÁLCULO DE LA DEMANDA PREVISTA

El objetivo de determinar la demanda prevista en la planta desalinizadora es dimensionar el centro de transformación de esta. Para ello se han seguido los siguientes pasos:

1. Determinar las cargas eléctricas presentes en cada edificio. Las cargas de fuerza e iluminación normal dependerán de un cuadro “x”, mientras que las cargas de alumbrado de emergencia dependerán del cuadro “Ex”, siendo x la letra que designa a cada edificio de la planta.
2. Calcular la potencia aparente demandada por cada carga del cuadro eléctrico. Para ello, se multiplican las potencias activa y reactiva de cada carga por un factor de utilización. Dicho factor es la ratio entre la potencia máxima consumida por la carga durante su operación y su potencia nominal. Se han escogido los siguientes factores en función del tipo de carga:

Tipo de carga	Factor de utilización ( $k_u$ )
Maquinaria	0,8
Alumbrado	1
Tomas de corriente	1

Tabla 1: Factores de utilización.

3. Calcular la potencia aparente prevista de cada cuadro eléctrico. Para ello, se suman las potencias activas de todas las cargas del cuadro, y el cómputo se multiplica por el denominado factor de simultaneidad. Lo mismo se realiza con la potencia reactiva. El factor de simultaneidad se emplea para reflejar el hecho de que, en una instalación, no están nunca todos los dispositivos conectados y funcionando a pleno rendimiento al mismo tiempo. El valor de este factor, dependiente del número de circuitos principales que alimenta cada cuadro, se obtiene de la norma UNE-EN 61439-2:2012:

Nº de circuitos de corriente principal	Factor de simultaneidad ( $k_s$ )
2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
De 6 a 9	0,7
10 o más	0,6

Tabla 2: Factores de simultaneidad

Una vez obtenidas las potencias activas y reactivas de cada cuadro, se calcula la potencia aparente y, a partir de ella, la intensidad de cada cuadro.

El cálculo de las intensidades se realiza mediante la siguiente fórmula:

- Cargas trifásicas:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\phi)} [A]$$

- Cargas monofásicas:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos(\phi)} [A]$$

A la hora de sumar las potencias, en el caso de las cargas monofásicas, si estas no son múltiplos de tres y, por tanto, no se pueden repartir equilibradamente entre las tres fases, se dimensionarán las tres fases de forma que todas puedan soportar la potencia de la carga monofásica. Es decir, si se prevé una carga monofásica de 20 W conectada a la fase R, tanto la fase S como la T se dimensionarán también para esos 20 W.

El cálculo de las potencias de cada cuadro se realiza mediante la fórmula:

$$S = \sqrt{\left(K_s * \sum P_i * K_{ui}\right)^2 + \left(K_s * \sum Q_i * K_{ui}\right)^2} [kVA]$$

Siendo  $K_u$  el factor de utilización,  $K_s$  el factor de simultaneidad,  $P$  la potencia activa y  $Q$  la potencia reactiva de cada carga. En el caso de que las cargas sean monofásicas, si la cantidad de estas no es múltiplo de tres y, por tanto, no se pueden repartir equilibradamente entre las tres fases, se dimensionarán las tres fases de forma que todas puedan soportar la potencia de la carga monofásica. Es decir, si se prevé una carga monofásica de 20 W conectada a la fase R, tanto la fase S como la T se dimensionarán también para esos 20 W.

4. Dimensionar el centro de transformación. Para ello, se repite el paso 3 con el CGBT, es decir, se suman las potencias activa y reactiva totales de todos los cuadros (multiplicadas por el factor de simultaneidad del CGBT) y, a partir de ahí, se obtiene la potencia aparente demandada por el CGBT, que es la que el centro de transformación

debe ser capaz de suministrar. De ahí se escogerá la potencia nominal del transformador del centro de transformación.

Las siguientes tablas muestran la intensidad calculada para cada uno de los cuadros de suministro normal de la planta:

Edificio A									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
Bomba de toma de agua 1	400	1	55	0.9	0.8	44	21.31	48.89	70.57
Bomba de toma de agua 2	400	1	55	0.9	0.8	44	21.31	48.89	70.57
Bomba de toma de agua 3	400	1	55	0.9	0.8	44	21.31	48.89	70.57
Bomba de alimentación al electrolizador	400	1	14	0.8	0.8	11.2	8.4	14	20.21
Electrolizador	400	1	45	0.85	0.8	36	22.311	42.35	61.13
Dosificador de NaOCl	400	1	2	0.92	0.8	1.6	0.6816	1.739	2.51
Válvula motorizada	400	4	0.024	0.91	0.8	0.0192	0.0087	0.021	0.03
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	10	0.93	0.95	1	0.93	0.3057	0.979	4.256
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	7	0.651	0.95	1	0.651	0.214	0.685	2.979
CUADRO A	$K_s$		P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (kVA)	cos φ general	I total (A)		
	0.6		115.10412	57.10182682	128.4895991	0.895824416	185.4587615		

Tabla 3: Intensidad total para el cuadro A.

Cuadro B									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
Bomba de presurización	400	1	45	0.92	0.8	36	15.336	39.13	56.48
Válvula motorizada	230	9	0.054	0.91	0.8	0.0432	0.0197	0.047	0.206
Compresor 1	400	1	5	0.88	0.8	4	2.159	4.545	6.561
Compresor 2	400	1	5	0.88	0.8	4	2.159	4.545	6.561
Compresor 3	400	1	5	0.88	0.8	4	2.159	4.545	6.561
Compresor 4	400	1	5	0.88	0.8	4	2.159	4.545	6.561
Compresor 5	400	1	5	0.88	0.8	4	2.159	4.545	6.561
Compresor 6	400	1	5	0.88	0.8	4	2.159	4.545	6.561
Bomba de recirculación	400	1	20	0.86	0.8	16	9.4938	18.6	26.85
Dosificador de coagulante	400	1	1.5	0.95	0.8	1.2	0.3944	1.263	1.823
Dosificador de floculante	400	1	1.5	0.95	0.8	1.2	0.3944	1.263	1.823
Transportador de palas	400	1	42	0.7	0.8	33.6	34.279	48	69.28
Bomba de neutralización	400	1	40	0.8	0.8	32	24	40	57.74
Bomba de ultrafiltrado 1	400	1	50	0.95	0.8	40	13.147	42.11	60.77
Bomba de ultrafiltrado 2	400	1	50	0.95	0.8	40	13.147	42.11	60.77
Bomba de ultrafiltrado 3	400	1	50	0.95	0.8	40	13.147	42.11	60.77
Bomba de ultrafiltrado 4	400	1	50	0.95	0.8	40	13.147	42.11	60.77
Bomba de ultrafiltrado 5	400	1	50	0.95	0.8	40	13.147	42.11	60.77
Bomba de ultrafiltrado 6	400	1	50	0.95	0.8	40	13.147	42.11	60.77
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	10	0.93	0.95	1	0.93	0.3057	0.979	4.256
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	11	1.023	0.95	1	1.023	0.3362	1.077	4.682
CUADRO B	$K_s$		P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (kVA)	cos φ general	I total (A)		
	0.6		238.22172	105.6548495	260.600336	0.91412668	376.1441853		

Tabla 4: Intensidad total por el cuadro B.

Edificio C										
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_v$	P (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)	I (A)	
Cuadro C1	Bomba de contralavado 1	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
	Bomba de contralavado 2	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
	Bomba de contralavado 3	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
	Bomba de contralavado 4	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
	Bomba de contralavado 5	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
	Bomba de contralavado 6	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
	Válvula motorizada	400	6	0.036	0.91	0.8	0.0288	0.0131	0.032	0.046
	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	14	1.302	0.95	1	1.302	0.4279	1.371	5.959
	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	14	1.302	0.95	1	1.302	0.4279	1.371	5.959
	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	12	1.116	0.95	1	1.116	0.3668	1.175	5.108
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	10	0.93	0.95	1	0.93	0.3057	0.979	4.256	
Cuadro C2	Válvula motorizada	400	6	0.036	0.91	0.8	0.0288	0.0131	0.032	0.046
	Bomba de alta presión 1	400	1	125	0.9	0.8	100	48.432	111.1	160.4
	Regulador de velocidad 1	230	1	2	0.9	0.8	1.6	0.7749	1.778	7.729
	Bomba de alta presión 2	400	1	125	0.9	0.8	100	48.432	111.1	160.4
	Regulador de velocidad 2	230	1	2	0.9	0.8	1.6	0.7749	1.778	7.729
	Bomba de alta presión 3	400	1	125	0.9	0.8	100	48.432	111.1	160.4
	Regulador de velocidad 3	230	1	2	0.9	0.8	1.6	0.7749	1.778	7.729
	Bomba de recuperación de energía 1	400	1	75	0.88	0.8	60	32.385	68.18	98.41
	Bomba de recuperación de energía 2	400	1	75	0.88	0.8	60	32.385	68.18	98.41
	Bomba de recuperación de energía 3	400	1	75	0.88	0.8	60	32.385	68.18	98.41
	Tomas de corriente	230	2	7.36	1	1	7.36	0	7.36	32
	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	12	1.116	0.95	1	1.116	0.3668	1.175	5.108
	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	11	1.023	0.95	1	1.023	0.3362	1.077	4.682
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	10	0.93	0.95	1	0.93	0.3057	0.979	4.256	
	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAR)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)				
CUADRO C1	0.6	74.80728	24.59015723	78.74519016	0.949991737	113.6588918				
CUADRO C2	0.6	297.15468	147.4781632	331.7389222	0.895748615	478.82389				

Tabla 5: Intensidad total por los cuadros C1 y C2.

Edificio D									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_v$	P (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)	I (A)
Dosificador de NaOH	400	1	2	0.92	0.8	1.6	0.6816	1.739	2.51
Bomba de alimentación al filtro 1	400	1	18	0.92	0.8	14.4	6.1344	15.65	22.59
Bomba de alimentación al filtro 2	400	1	18	0.92	0.8	14.4	6.1344	15.65	22.59
Bomba de alimentación al filtro 3	400	1	18	0.92	0.8	14.4	6.1344	15.65	22.59
Bomba de alimentación al filtro 4	400	1	18	0.92	0.8	14.4	6.1344	15.65	22.59
Válvula motorizada	400	4	0.024	0.91	0.8	0.0192	0.0087	0.021	0.03
Vaporizador de CO <sub>2</sub>	400	1	2	0.92	0.8	1.6	0.6816	1.739	2.51
Dosificador de ClO <sub>2</sub>	400	1	1.4	0.94	0.8	1.12	0.4065	1.191	1.72
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	10	0.93	0.95	1	0.93	0.3057	0.979	4.256
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	7	0.651	0.95	1	0.651	0.214	0.685	2.979
	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAR)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)			
CUADRO D	0.6	44.73612	16.10135676	47.54549529	0.940911851	68.62601126			

Tabla 6: Intensidad total por el cuadro D.

Edificio E									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_v$	P (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)	I (A)
Bomba de almacenamiento 1	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
Bomba de almacenamiento 2	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
Bomba de almacenamiento 3	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
Bomba de almacenamiento 4	400	1	25	0.95	0.8	20	6.5737	21.05	30.39
Válvula motorizada	400	4	0.024	0.91	0.8	0.0192	0.0087	0.021	0.03
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	9	0.837	0.95	1	0.837	0.2751	0.881	3.831
	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAR)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)			
CUADRO E	0.7	64.32734	18.60500935	66.96381892	0.960628307	96.6539472			

Tabla 7: Intensidad total por el cuadro E.

Edificio F									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_v$	P (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)	I (A)
Bomba de suministro 1	400	1	35	0.96	0.8	28	8.1667	29.17	42.1
Bomba de suministro 2	400	1	35	0.96	0.8	28	8.1667	29.17	42.1
Válvula motorizada	400	2	0.012	0.91	0.8	0.0096	0.0044	0.011	0.015
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	4	0.372	0.95	1	0.372	0.1223	0.392	1.703
	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAR)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)			
CUADRO F	0.8	53.93728	13.16798217	55.52140063	0.971468288	80.138239			

Tabla 8: Intensidad total por el cuadro F.

Edificio G									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
Bomba de alimentación al decantador	400	1	35	0.92	0.8	28	11.928	30.43	43.93
Bomba de descarga 1	400	1	20	0.8	0.8	16	12	20	28.87
Bomba de descarga 2	400	1	20	0.8	0.8	16	12	20	28.87
Bomba de homogeneización	400	1	30	0.85	0.8	24	14.874	28.24	40.75
Dosificador de polielectrolito	400	1	1.5	0.95	0.8	1.2	0.3944	1.263	1.823
Dosificador de H2SO4	400	1	1.5	0.95	0.8	1.2	0.3944	1.263	1.823
Válvula motorizada	400	5	0.03	0.91	0.8	0.024	0.0109	0.026	0.038
Bomba de lodos	400	1	25	0.94	0.8	20	7.259	21.28	30.71
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	11	1.023	0.95	1	1.023	0.3362	1.077	4.682
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	10	0.93	0.95	1	0.93	0.3057	0.979	4.256
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	12	1.116	0.95	1	1.116	0.3668	1.175	5.108
CUADRO G	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)			
	0.6	72.3198	35.92161177	80.74971	0.895604455	116.552167			

Tabla 9: Intensidad total por el cuadro G.

Edificio H									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
Bomba de suministro de floculante 1	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de floculante 2	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de coagulante 1	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de coagulante 2	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de NaOH 1	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de NaOH 2	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de ClO2 1	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de ClO2 2	400	1	10	0.92	0.8	8	3.408	8.696	12.55
Bomba de suministro de polielectrolito	400	1	15	0.87	0.8	12	6.8007	13.79	19.91
Bomba de suministro de H2SO4	400	1	15	0.87	0.8	12	6.8007	13.79	19.91
Válvula motorizada	400	10	0.06	0.91	0.8	0.048	0.0219	0.053	0.076
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	15	1.395	0.95	1	1.395	0.4585	1.468	6.384
CUADRO H	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)			
	0.6	60.2898	24.80741784	65.19407921	0.924774162	94.09954795			

Tabla 10: Intensidad total por el cuadro H.

Edificio I									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
Aire acondicionado 1	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Aire acondicionado 2	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Aire acondicionado 3	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Aire acondicionado 4	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Aire acondicionado 5	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Aire acondicionado 6	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Aire acondicionado 7	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Tomas de corriente 1	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
Tomas de corriente 2	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
Tomas de corriente 3	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	25	0.625	0.95	1	0.625	0.2054	0.658	2.86
Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	26	0.65	0.95	1	0.65	0.2136	0.684	2.975
Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	26	0.65	0.95	1	0.65	0.2136	0.684	2.975
Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	35	0.875	0.95	1	0.875	0.2876	0.921	4.005
CUADRO I	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)			
	0.6	15.549	5.598423142	16.52615329	0.940872309	23.85344763			

Tabla 11: Intensidad total por el cuadro I.

Edificio J									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos φ	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	3	0.279	1	1	0.279	0	0.279	1.213
CUADRO J	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)			
	0.9	10.1871	0.082532579	10.18743432	0.999967183	14.70429487			

Tabla 12: Intensidad total por el cuadro J.

Edificio K									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
Aire acondicionado 8	400	1	2.5	0.84	0.8	2	1.2919	2.381	3.437
Barrera	230	1	0.2	0.9	0.8	0.16	0.0775	0.178	0.773
Tomas de corriente	230	1	3.68	1	1	3.68	0	3.68	16
Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	12	0.3	0.95	1	0.3	0.0986	0.316	1.373
CUADRO K	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.8	10.672	1.298361776	10.75068962	0.992680505	<b>15.51728386</b>			

Tabla 13: Intensidad total por el cuadro K.

A continuación, se muestran las intensidades calculadas en cada cuadro de emergencia:

Edificio A									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	6	0.015	0.95	1	0.015	0.0049	0.016	0.069
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
CUADRO EA	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.9	0.0405	0.013311706	0.042631579	0.95	<b>0.061533384</b>			

Tabla 14: Intensidad total por el cuadro EA.

Edificio B									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	6	0.015	0.95	1	0.015	0.0049	0.016	0.069
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
CUADRO EB	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.9	0.036	0.011832628	0.037894737	0.95	<b>0.054696341</b>			

Tabla 15: Intensidad total por el cuadro EB.

Edificio C									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	6	0.015	0.95	1	0.015	0.0049	0.016	0.069
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	8	0.02	0.95	1	0.02	0.0066	0.021	0.092
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	8	0.02	0.95	1	0.02	0.0066	0.021	0.092
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
CUADRO EC	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.7	0.09975	0.032786239	0.105	0.95	<b>0.151554446</b>			

Tabla 16: Intensidad total por el cuadro EC.

Edificio D									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
CUADRO ED	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.9	0.03375	0.011093089	0.035526316	0.95	<b>0.05127782</b>			

Tabla 17: Intensidad total por el cuadro ED.

Edificio E									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
CUADRO EE	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	1	0.0125	0.002465131	0.012740756	0.981103457	<b>0.018389698</b>			

Tabla 18: Intensidad total por el cuadro EE.



Edificio F									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	3	0.0075	0.95	1	0.0075	0.0025	0.008	0.034
CUADRO EF	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	1	0.0075	0.002465131	0.007894737	0.95	<b>0.011395071</b>			

Tabla 19: Intensidad total por el cuadro EF.

Edificio G									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	6	0.015	0.95	1	0.015	0.0049	0.016	0.069
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	6	0.015	0.95	1	0.015	0.0049	0.016	0.069
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
CUADRO EG	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.7	0.052	0.017091573	0.054736842	0.95	<b>0.079005826</b>			

Tabla 20: Intensidad total por el cuadro EG.

Edificio H									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	7	0.0175	0.95	1	0.0175	0.0058	0.018	0.08
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	6	0.015	0.95	1	0.015	0.0049	0.016	0.069
CUADRO EH	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.9	0.02925	0.00961401	0.030789474	0.95	<b>0.044440777</b>			

Tabla 21: Intensidad total por el cuadro EH.

Edificio I									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	5	0.0125	0.95	1	0.0125	0.0041	0.013	0.057
CUADRO EI	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.8	0.04	0.003286841	0.040134814	0.996640962	<b>0.057929615</b>			

Tabla 22: Intensidad total por el cuadro EI.

Edificio J									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	4	0.01	0.95	1	0.01	0.0033	0.011	0.046
CUADRO EJ	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	1	0.01	0.003286841	0.010526316	0.95	<b>0.015193428</b>			

Tabla 23: Intensidad total por el cuadro EJ.

Edificio K									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	2	0.005	0.95	1	0.005	0.0016	0.005	0.023
CUADRO EK	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	1	0.005	0.001643421	0.005263158	0.95	<b>0.007596714</b>			

Tabla 24: Intensidad total por el cuadro EK.

Exterior									
Carga	Tensión nominal (V)	Cantidad	Potencia total (kW)	cos $\phi$	$K_u$	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)
STARBEAM Roadway Distribution	230	19	0.665	0.95	1	0.665	0.2186	0.7	3.043
STARBEAM Roadway Distribution	230	19	0.665	0.95	1	0.665	0.2186	0.7	3.043
STARBEAM Roadway Distribution	230	20	0.7	0.95	1	0.7	0.2301	0.737	3.204
STARBEAM Roadway Distribution	230	20	0.7	0.95	1	0.7	0.2301	0.737	3.204
STARBEAM Roadway Distribution	230	20	0.7	0.95	1	0.7	0.2301	0.737	3.204
STARBEAM Roadway Distribution	230	20	0.7	0.95	1	0.7	0.2301	0.737	3.204
CUADRO EX	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)			
	0.7	2.891	0.950225748	3.043157895	0.95	<b>4.392420074</b>			

Tabla 25: Intensidad total por el cuadro EX.

Finalmente, se muestran la potencia e intensidad calculadas para el cuadro general de baja tensión.

CGBT						
Carga	Tensión nominal (V)	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	cos φ	I (A)
Cuadro A	400	115.10412	57.10182682	128.4895991	0.895824416	185.4587615
Cuadro B	400	238.22172	105.6548495	260.600336	0.91412668	376.1441853
Cuadro C1	400	74.80728	24.59015723	78.74519016	0.949991737	113.6588918
Cuadro C2	400	297.15468	147.4781632	331.7389222	0.895748615	478.82389
Cuadro D	400	44.73612	16.10135676	47.54549529	0.940911851	68.62601126
Cuadro E	400	64.32734	18.60500935	66.96381892	0.960628307	96.6539472
Cuadro F	400	53.93728	13.16798217	55.52140063	0.971468288	80.138239
Cuadro G	400	72.3198	35.92161177	80.74971	0.895604455	116.552167
Cuadro H	400	60.2898	24.80741784	65.19407921	0.924774162	94.09954795
Cuadro I	400	15.549	5.598423142	16.52615329	0.940872309	23.85344763
Cuadro J	400	10.1871	0.082532579	10.18743432	0.999967183	14.70429487
Cuadro K	400	10.672	1.298361776	10.75068962	0.992680505	15.51728386
Cuadro EA	400	0.0405	0.013311706	0.042631579	0.95	0.061533384
Cuadro EB	400	0.036	0.011832628	0.037894737	0.95	0.054696341
Cuadro EC	400	0.09975	0.032786239	0.105	0.95	0.151554446
Cuadro ED	400	0.03375	0.011093089	0.035526316	0.95	0.05127782
Cuadro EE	400	0.0125	0.004108551	0.013157895	0.95	0.018991785
Cuadro EF	400	0.0075	0.002465131	0.007894737	0.95	0.011395071
Cuadro EG	400	0.052	0.017091573	0.054736842	0.95	0.079005826
Cuadro EH	400	0.02925	0.00961401	0.030789474	0.95	0.044440777
Cuadro EI	400	0.04	0.003286841	0.040134814	0.996640962	0.057929615
Cuadro EJ	400	0.01	0.003286841	0.010526316	0.95	0.015193428
Cuadro EK	400	0.005	0.001643421	0.005263158	0.95	0.007596714
Cuadro EX	400	2.891	0.950225748	3.043157895	0.95	4.392420074
CGBT	$K_s$	P total (kW)	Q total (kVAr)	S total (KVA)	cos φ general	I total (A)
	0.6	636.338094	270.8810628	691.594332	0.920103107	<b>998.2304344</b>

Tabla 26: Intensidad total por el cuadro general de baja tensión.

Como se puede observar, la intensidad de utilización prevista total en el CGBT de la planta es de 998,23 A. Del mismo modo, la potencia prevista total de la instalación es de 691,59 kVA. Por ello, se instalará un transformador trifásico de 800 kVA. Esto provee de un pequeño margen en el caso de futuras ampliaciones de la planta desalinizadora.

### 3. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN ALTA TENSIÓN

#### 3.1. Impedancias equivalentes en la red de AT

Para dimensionar de forma adecuada los dispositivos de protección a instalar en el lado de AT del centro de transformación, es necesario calcular la intensidad de cortocircuito trifásico máxima en el lado de AT. Para ello, primeramente, se debe calcular la impedancia equivalente de los elementos que componen el circuito, desde la red de AT hasta el transformador. La siguiente figura muestra de forma esquemática el circuito con las impedancias:

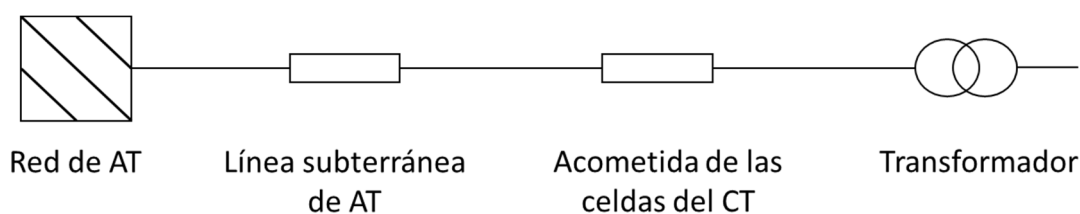


Figura 1: Esquema unifilar de las impedancias equivalentes del tramo de AT.

A continuación, se calculan las impedancias de cada elemento:

##### 3.1.1. Impedancia equivalente de la red de AT

Las características de la red de AT son:

Tensión	30 kV
Potencia de cortocircuito de la red	800
Frecuencia de la red	50 Hz
Coefficiente de tensión <sup>1</sup>	1,1

Con estos datos de partida, la impedancia equivalente de la red de AT, referida a alta tensión se calcula según:

$$Z_Q = \frac{c_{m\acute{a}x} \cdot U_n^2}{S_{kQ}} = \frac{1,1 \cdot 30^2}{800} = 1,24 \Omega$$

$$X_Q = 0,995 \cdot Z_Q = 0,995 \cdot 1,24 = 1,2313 \Omega$$

$$R_Q = 0,1 \cdot X_Q = 0,1213 \Omega$$

<sup>1</sup> Obtenido de IEC 60038:2009

Estos mismos valores han de referirse a baja tensión, de forma que:

$$Z_{BT} = Z_{AT} \cdot \frac{(U_{BT})^2}{(U_{AT})^2}$$

Siendo las tensiones de los niveles de AT y BT 30 kV y 400 V respectivamente. Así, la impedancia equivalente de la red de AT, referida a baja tensión es:

$$X_{Q\_BT} = 0,0002189 \Omega$$

$$R_{Q\_BT} = 0,00002189 \Omega$$

Por tanto,

$$Z_{Q\_BT} = \mathbf{0,0002189 + 0,0002189 j \Omega}$$

### 3.1.2. Impedancia equivalente de la línea subterránea de 30 kV

Las características de la línea de derivación de la red de distribución son:

Tensión nominal	30 kV
Longitud	200 m
Resistencia del cable	0,822 $\Omega$ /km
Reactancia del cable	0,1596 $\Omega$ /km

Referidos a alta tensión, los valores de resistencia y reactancia del cable son:

$$R = 0,822 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,2 km = 0,1644 \Omega$$

$$X = 0,1596 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,2 km = 0,03192 \Omega$$

Y, referidos a BT, mediante la misma fórmula empleada anteriormente:

$$Z_{BT} = \mathbf{2,93 \cdot 10^{-5} + 5,675 \cdot 10^{-6} j \Omega}$$

### 3.1.3. Impedancia equivalente de la acometida de las celdas del CT.

Las características de la línea de derivación de la red de distribución son:

Tensión nominal	30 kV
Longitud	10 m
Resistencia del cable	0,822 $\Omega$ /km

Reactancia del cable	0,1596 $\Omega$ /km
----------------------	---------------------

Referidos a alta tensión, los valores de resistencia y reactancia del cable son:

$$R = 0,822 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,01 km = 0,00822 \Omega$$

$$X = 0,1596 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,01 km = 0,001596 \Omega$$

Y, referidos a BT, mediante la misma fórmula empleada anteriormente:

$$Z_{BT} = 1,46 \cdot 10^{-6} + 2,84 \cdot 10^{-6} j \Omega$$

### 3.1.4. Impedancia equivalente del transformador

Los datos de la placa característica del transformador son:

Potencia nominal	800 kVA
Tensión devanado primario	30000 V
Tensión devanado secundario	400 V
Relación de transformación	a = 75
Tensión de cortocircuito ( $U_{kr}$ )	4,5 %
Componente resistiva de la tensión de cortocircuito ( $U_{Rr}$ )	1,2 %

La impedancia equivalente se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$Z_T = \frac{U_{kr} \cdot U_n^2}{S_n \cdot 100} = \frac{4,5 \cdot 400^2}{800 \cdot 100} = 9 m\Omega$$

$$R_T = \frac{U_r \cdot U_n^2}{S_n \cdot 100} = \frac{1,2 \cdot 400^2}{800 \cdot 100} = 2,4 m\Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = 8,67 m\Omega$$

A estos valores se les debe aplicar el factor de corrección  $K_T$  para despreciar el efecto de los cambiadores de tomas. Dicho factor se obtiene de acuerdo con la fórmula:

$$K_T = 0,95 \cdot \left( \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_T} \right)$$

Siendo:

$c_{m\acute{a}x}$ : factor de tensión para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima en el transformador.

$x_T$ : Reactancia relativa del transformador, calculada de la siguiente forma:

$$x_T = \frac{X_T}{\frac{U_n^2}{S_n}} = \frac{8,67}{\frac{400^2}{800}} = 0,04337$$

Por ende, el factor toma el valor:

$$K_T = 0,95 \cdot \left( \frac{1,1}{1+0,6 \cdot 0,04337} \right) = 1,0185$$

Así, la impedancia equivalente del transformador es:

$$Z_t = K_T \cdot (R_T + X_T \cdot j) = 2,444 + 8,835 j \text{ m}\Omega$$

### 3.1.5. Impedancia total

A continuación, se muestran las impedancias calculadas anteriormente junto con la impedancia equivalente de la red de AT, obtenida de la suma de las anteriores:

CIRCUITO	IMPEDANCIA EQUIVALENTE ( $\Omega$ )
Red de alta tensión	$0,0002189 + 0,0002189 j$
Línea subterránea de 30 kV	$2,93 \cdot 10^{-5} + 5,675 \cdot 10^{-6} j$
Acometida de las celdas del CT	$1,46 \cdot 10^{-6} + 2,84 \cdot 10^{-6} j$
Transformador	$2,444 \cdot 10^{-3} + 8,835 \cdot 10^{-3} j$

Así, la impedancia equivalente total del lado de alta tensión de la instalación es:

$$Z_{AT} = 2,497 + 9,062 j \text{ m}\Omega$$

En módulo, esta toma el valor:

$$Z_{AT} = 9,3997 \text{ m}\Omega$$

## 3.2. Corriente de cortocircuito en la red de AT

A partir de la impedancia total del lado de AT de la instalación, se puede calcular la intensidad de cortocircuito trifásica máxima en el lado de AT. El resultado obtenido se empleará para determinar el poder de corte del interruptor automático situado en el lado de AT del centro de transformación. Esta intensidad se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$I''_{k3_{max}} = \frac{c_{m\acute{a}x} \cdot U_{BT}}{\sqrt{3} \cdot Z_{AT}} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 9,3997} = 27,03 \text{ kA}$$

Por tanto, el poder de corte del interruptor automático localizado aguas arriba del transformador AT/BT debera tener un poder de corte de 30 kA.

## 4. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT

Esta sección comprende el cálculo de las principales características de la red de baja tensión de la instalación. En ella se dimensionan los conductores, se calculan las intensidades de cortocircuito previstas en cada punto de la instalación y se dimensiona el grupo electrógeno que alimentará a las cargas de emergencia.

### 4.1. Dimensionamiento de conductores

El dimensionamiento de los conductores consiste en determinar la sección que estos deben tener. Dicha sección se calcula mediante dos criterios: el criterio térmico y el criterio de caída de tensión. En la práctica, se calcula la sección mínima que el conductor debe en función de ambos criterios, y se toma la sección normalizada superior al más restrictivo de los dos resultados obtenidos.

#### 4.1.1. Dimensionamiento por criterio térmico

El criterio térmico se basa en el hecho de que, en función de la intensidad que circula por un conductor, este se calienta hasta una determinada temperatura. El criterio consiste en determinar qué sección de conductor presenta una intensidad máxima admisible superior a la intensidad esperada en ese conductor. En otras palabras, consiste en escoger una sección de conductor tal que se pueda asegurar que, en funcionamiento normal, el material aislante no va a alcanzar una temperatura límite (90 °C para el XLPE) que lo pueda dañar. El proceso de cálculo es el siguiente:

1. Calcular la intensidad prevista en el conductor. Se calcula según:

- Cargas trifásicas:

$$I_{prev} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\phi)} [A]$$

- Cargas monofásicas:



$$I_{prev} = \frac{P}{V \cdot \cos(\phi)} [A]$$

2. A partir de la intensidad prevista, calcular la intensidad de selección, la cual se determina mediante los factores de corrección que se indican más adelante. Se calcula según:

$$I_{sel} = \frac{I_{prev}}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \dots \cdot k_n} [A]$$

Siendo  $K_i$  los factores de corrección aplicados.

3. Mediante las tablas provistas en la norma UNE-HD 60364-5-52, teniendo en cuenta el método de instalación y las características del conductor, hallar la sección que presente una intensidad máxima admisible inmediatamente superior a la  $I_{sel}$  calculada. Así queda dimensionado el conductor.
4. Partiendo de la intensidad escogida en la tabla, calcular la intensidad máxima que puede circular por dicho conductor, mediante los factores de corrección empleados anteriormente:

$$I_{max} = I_{adm} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \dots \cdot k_n [A]$$

#### 4.1.2. Dimensionamiento por criterio de caída de tensión

El dimensionamiento por caída de tensión consiste en determinar la sección de conductor de forma que la caída de tensión a lo largo de él no supere un valor determinado. La caída de tensión del conductor se calcula mediante la ecuación:

- Circuitos trifásicos:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \frac{I_n}{n} \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi) [V]$$

- Circuitos monofásicos:

$$\Delta V = 2 \cdot \frac{I_n}{n} \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sen\phi) [V]$$

Donde:

- $I_n$  es la intensidad nominal de la carga
- $n$  es el número de conductores por fase
- $L$  es la longitud del conductor en km

- R es la resistencia por fase del cable en  $\Omega/\text{km}$
- X es la reactancia por fase del cable en  $\Omega/\text{km}$

Los valores de R y X dependen de la sección del conductor, siendo menores cuanto mayor es la sección. Por tanto, el proceso de cálculo es iterativo, de forma que se calcula la caída de tensión para cada sección hasta que se alcanza una  $\Delta U$  inferior al límite establecido.

#### 4.1.3. Dimensionamiento por energía específica pasante

Si bien la sección de los cables ha sido calculada mediante los dos criterios expuestos anteriormente, al escoger las protecciones de los distintos cables de la instalación (ver apartado 7 de este documento), debe asegurarse que estos limitan la energía específica que atraviesa el conductor. En concreto, los interruptores limitadores de corriente (MCCB o ACB) deben escogerse para que la energía específica máxima que permiten atravesar sea inferior a la energía específica máxima que soporta el cable. Sin embargo, esta última depende, entre otros factores, de la sección del cable, por lo que puede suceder que un cable dimensionado según los anteriores criterios, soporte, como mucho, una energía pasante inferior a la que los dispositivos de protección pueden dejar circular. Esto ocurre en determinados cables de esta instalación, todos ellos de sección calculada de  $2,5 \text{ mm}^2$ . En dichos casos, indicados en color verde, se aprecia que la sección escogida es superior a la calculada mediante los dos criterios de cálculo, para que puedan soportar una energía pasante mayor. Para más información acúdase al apartado 7.

#### 4.1.4. Parámetros para el cálculo

La siguiente tabla muestra los parámetros ambientales considerados para el cálculo de las secciones. Estos se verán reflejados en los factores de corrección indicados en el siguiente apartado.

Temperatura ambiente	35 °C
Temperatura del terreno	25 °C
Resistividad térmica del terreno ( $\rho$ )	2.5 Km/W

Tabla 27: Parámetros ambientales.

En cuanto al dimensionamiento por caída de tensión, se han empleado los siguientes valores de resistencia y reactancia:

Cables de cobre aislados con XLPE				
Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Cables unipolares		Cables multipolares	
	R (Ω/km)	X (Ω/km)	R (Ω/km)	X (Ω/km)
2.5	9.45	0.1692	9.45	0.11856
4	5.88	0.1572	5.88	0.1116
6	3.93	0.1476	3.93	0.10644
10	2.33	0.1368	2.33	0.1008
16	1.47	0.1272	1.47	0.0966
25	0.927	0.1224	0.927	0.09696
35	0.668	0.11784	0.669	0.09432
50	0.494	0.11088	0.494	0.09012
70	0.342	0.10716	0.343	0.08892
95	0.247	0.10416	0.248	0.087
120	0.197	0.10128	0.197	0.08556
150	0.16	0.10128	0.16	0.08616
185	0.129	0.1002	0.129	0.0864
240	0.0991	0.09816	0.0998	0.08508
300	0.0803	0.09708	0.0812	0.08448
400	0.0646	0.09624	0.0656	0.08424
500	0.0525	0.09552	-	-
630	0.0432	0.09444	-	-

Tabla 28: Resistencia (R) y reactancia (X) de en función de la sección, conductores de cobre.

Cables de aluminio aislados con XLPE				
Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Cables unipolares		Cables multipolares	
	R (Ω/km)	X (Ω/km)	R (Ω/km)	X (Ω/km)
16	2.45	0.1272	2.45	0.0966
25	1.54	0.1224	1.54	0.09696
35	1.11	0.11784	1.11	0.09432
50	0.822	0.11088	0.822	0.09012
70	0.568	0.10716	0.569	0.08892
95	0.411	0.10416	0.411	0.087
120	0.325	0.10128	0.325	0.08556
150	0.265	0.10128	0.265	0.08616
185	0.212	0.1002	0.212	0.0864
240	0.162	0.09816	0.162	0.08508
300	0.13	0.09708	0.131	0.08448
400	0.103	0.09624	0.103	0.08424
500	0.0813	0.09552	-	-
630	0.0649	0.09444	-	-

Tabla 29: Resistencia (R) y reactancia (X) de en función de la sección, conductores de aluminio.

Finalmente, para el dimensionamiento de conductores por el criterio de la caída de tensión, se han establecido los siguientes límites de caída de tensión en el cable:

- Cargas de fuerza:  $\Delta U \leq 5 \%$
- Cargas de iluminación:  $\Delta U \leq 2.5 \%$

#### 4.1.5. Factores de corrección

Los factores de corrección a aplicar para el dimensionamiento de los conductores por criterio térmico se obtienen también de la norma UNE-HD 60364-5-52. A continuación se recogen los empleados en el diseño de la instalación:

Factor	Descripción	Valor	Origen
KTA	Temperatura ambiente distinta a 30 °C	0,96	Tabla B.52.14 de norma UNE-HD 60364-5-52 para temperatura ambiente de 35 °C, para cables instalados al aire con aislamiento de XLPE.
KTT	Temperatura del terreno distinta a 20 °C	0,96	Tabla B.52.15 de norma UNE-HD 60364-5-52 para temperatura del terreno de 25 °C, para cables directamente enterrados o entubados con aislamiento de XLPE.
KR	Resistividad térmica del terreno distinta a 2,5 Km/W	1	Tabla B.52.16 de norma UNE-HD 60364-5-52 para resistividad térmica del terreno de 2,5 Km/W, para cables directamente enterrados o entubados.

*Tabla 30: Factores de corrección generales para el cálculo de cables.*

Asimismo, se debe tener en cuenta un factor de corrección adicional: el factor de agrupamiento (KA). Este se utiliza para incluir el efecto que la instalación de circuitos contiguos ejerce en sus capacidades de transportar corriente. Se han empleado los siguientes factores de agrupamiento en función del tipo de instalación y el número de circuitos colocados en paralelo:

- Circuitos con origen en el CGBT dispuestos en tubos enterrados.

Para los tramos de tubo enterrado se ha optado por instalar un conductor por cada tubo, por lo que se aplicarían los factores de la tabla B.52.19 de la norma UNE-HD 60364-5-52. A continuación se muestran los factores para el tramo más restrictivo de cada cable, teniendo en cuenta que la separación entre tubos es de 100 mm.

	Nº ductos	Separación (mm)	Factor (KA)
Cuadro A	6	100	0.68
Cuadro B	6	100	0.68
Cuadro C1	6	100	0.68
Cuadro C2	6	100	0.68
Cuadro D	6	100	0.68
Cuadro E	6	100	0.68
Cuadro F	6	100	0.68
Cuadro G	6	100	0.68
Cuadro H	6	100	0.68
Cuadro I	6	100	0.68
Cuadro J	6	100	0.68
Cuadro K	6	100	0.68
Cuadro EA	5	100	0.71
Cuadro EB	5	100	0.71
Cuadro EC	5	100	0.71
Cuadro ED	6	100	0.68
Cuadro EE	6	100	0.68
Cuadro EF	6	100	0.68
Cuadro EG	5	100	0.71
Cuadro EH	5	100	0.71
Cuadro EI	6	100	0.68
Cuadro EJ	6	100	0.68
Cuadro EK	6	100	0.68

*Tabla 31: Factores de corrección por agrupamiento para los circuitos alimentados desde el CGBT instalados en tubo enterrado.*

Nótese que los cuadros L y EL, ubicados en el propio edificio del centro de transformación y conectados al CGBT por sendos circuitos dispuestos sobre bandeja, presentan un factor de agrupamiento de valor 1.

- Circuitos con origen en los cuadros secundarios o de emergencia.

Los circuitos que alimentan a las cargas terminales pueden tenderse de tres maneras, atendiendo a la tipología del edificio.

Los edificios de proceso (locales húmedos) emplean tubos para canalizar los cables. Con el fin de ahorrar material de tubos, se ha decidido canalizar varios cables por el interior de un mismo tubo. La norma UNE-HD 60364-5-52 no proporciona de forma directa factores de corrección por agrupamiento para esta situación. Sin embargo, siguiendo la recomendación de los fabricantes<sup>2</sup>, se puede obtener un factor lo suficientemente realista a partir de la tabla C.52.3. de la misma norma, para la disposición de cables “agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente”. A continuación, se muestran los factores de corrección para los circuitos secundarios tendidos en tubos. Todos los cables que salen de un mismo cuadro se han

<sup>2</sup> Documento “Solución a situaciones particulares y frecuentes” del fabricante Prysmian.

calculado con el mismo factor, el más restrictivo, que tiene lugar para el máximo número de cables en un tubo.

TUBOS		
CUADRO	Nº máximo de cables apilados en un mismo tubo	Factor (KA)
Cuadro A	3	0.7
Cuadro EA	3	0.7
Cuadro B	4	0.65
Cuadro EB	3	0.7
Cuadro C1	3	0.7
Cuadro C2	4	0.65
Cuadro EC	3	0.7
Cuadro D	3	0.7
Cuadro ED	3	0.7
Cuadro E	3	0.7
Cuadro EE	1	1
Cuadro F	3	0.7
Cuadro EF	1	1
Cuadro G	3	0.7
Cuadro EG	4	0.65
Cuadro H	4	0.65
Cuadro EH	2	0.8

Tabla 32: Factores de agrupamiento para los circuitos secundarios o de emergencia canalizados en tubo.

Por otro lado, el resto de los edificios de la planta emplean bandejas para el tendido de los cables. En este caso, se han tomado los factores suponiendo que los cables se encuentran en contacto en el interior de la bandeja, también para el tramo más restrictivo (a la salida del cuadro). Los valores se obtienen de la tabla

BANDEJAS			
	Nº de bandejas apiladas	Nº de cables en paralelo	Factor (KA)
Cuadro I	2	3	0.80
Cuadro EI	1	4	0.79
Cuadro J	1	2	0.88
Cuadro EJ	1	1	1
Cuadro K	1	4	0.79
Cuadro EK	1	1	1

Tabla 33: Factores de agrupamiento para los circuitos secundarios o de emergencia canalizados en bandeja.

Por último, los cables que alimentan a las luminarias exteriores son directamente enterrados. De acuerdo con la tabla B.52.18, el factor de agrupamiento será, en el punto de mayor sollicitación:

DIRECTAMENTE ENTERRADOS		
	Nº máximo de cables apilados	
Cuadro EX	6	0.5

*Tabla 34: Factor de agrupamiento para los circuitos de alimentación a las luminarias exteriores.*

#### 4.1.6. Criterios de selección

Para la selección de los conductores, se han empleado las siguientes condiciones:

- Los conductores de sección inferior a 16 mm<sup>2</sup> serán de cobre. Del mismo modo, los conductores de sección igual o superior a 16 mm<sup>2</sup> serán de aluminio.
- Los conductores de sección igual o inferior a 300 mm<sup>2</sup> serán multipolares, mientras que los conductores de 400 y 630 mm<sup>2</sup> serán unipolares.

#### 4.1.7. Resultados

A continuación, se muestran el resultado del dimensionamiento de los conductores de baja tensión de la instalación por medio de ambos criterios.





RECORRIDO			CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN						SECCIÓN ESCOGIDA						DIMENSIONES CABLE				
Cable	Origen	Destino	$\Delta V$ máx. (%)	Nº Conductores por fase	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	R ( $\Omega$ /km)	X ( $\Omega$ /km)	$\Delta V$ (%)	Nº Conductores por fase	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	I tabla (A)	Iz máxima (A)	R ( $\Omega$ /km)	X ( $\Omega$ /km)	$\Delta V$ real (%)	Designación cable	Nº cores	D exterior (mm)	Sección ocupada (mm <sup>2</sup> )
CCT01	CT	CGBT	5	1	120	0.325	0.08556	4.35	2	400	663	1272.96	0.10	0.10	0.86	RZ1-K Al	4	32.6	8502.08
CCGBT01	CGBT	Cuadro A	5	1	35	1.11	0.09432	4.85	1	400	348	227.17	0.10	0.10	0.63	RZ1-K Al	4	32.6	4251.04
CCGBT02	CGBT	Cuadro B	5	1	95	0.411	0.087	4.69	2	400	348	454.35	0.10	0.10	0.76	RZ1-K Al	4	32.6	8502.08
CCGBT03	CGBT	Cuadro C1	5	1	70	0.569	0.08892	3.92	1	150	197	128.60	0.27	0.09	1.92	RZ1-K Al	4	41.7	1738.89
CCGBT04	CGBT	Cuadro C2	5	1	500	0.0813	0.09552	4.30	2	500	424	553.57	0.08	0.10	2.15	RZ1-K Al	4	36.2	10483.52
CCGBT05	CGBT	Cuadro D	5	1	50	0.822	0.09012	3.82	1	70	130	84.86	0.57	0.09	2.69	RZ1-K Al	4	30	900
CCGBT06	CGBT	Cuadro E	5	1	95	0.411	0.087	3.86	1	95	154	100.53	0.41	0.09	3.86	RZ1-K Al	4	33.7	1135.69
CCGBT07	CGBT	Cuadro F	5	1	95	0.411	0.087	4.66	1	95	154	100.53	0.41	0.09	4.66	RZ1-K Al	4	33.7	1135.69
CCGBT08	CGBT	Cuadro G	5	1	70	0.569	0.08892	4.02	1	150	197	128.60	0.27	0.09	2.02	RZ1-K Al	4	41.7	1738.89
CCGBT09	CGBT	Cuadro H	5	1	50	0.822	0.09012	4.21	1	95	154	100.53	0.41	0.09	2.19	RZ1-K Al	4	33.7	1135.69
CCGBT10	CGBT	Cuadro I	5	1	25	1.54	0.09696	3.67	1	25	75	48.96	1.54	0.10	3.67	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CCGBT11	CGBT	Cuadro J	5	1	2.5	9.45	0.11856	2.71	1	6	44	28.72	3.93	0.11	1.13	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT12	CGBT	Cuadro K	5	1	10	2.33	0.1008	5.00	1	10	58	37.86	2.33	0.10	5.00	RZ1-K	4	18.2	331.24
CCGBT14	CGBT	Cuadro EA	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	6	44	29.99	3.93	0.11	0.01	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT15	CGBT	Cuadro EB	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	6	44	29.99	3.93	0.11	0.01	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT16	CGBT	Cuadro EC	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.08	1	6	44	29.99	3.93	0.11	0.03	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT17	CGBT	Cuadro ED	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.03	1	6	44	28.72	3.93	0.11	0.01	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT18	CGBT	Cuadro EE	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	6	44	28.72	3.93	0.11	0.01	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT19	CGBT	Cuadro EF	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	6	44	28.72	3.93	0.11	0.01	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT20	CGBT	Cuadro EG	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.04	1	6	44	29.99	3.93	0.11	0.02	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT21	CGBT	Cuadro EH	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	6	44	29.99	3.93	0.11	0.01	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT22	CGBT	Cuadro EI	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.06	1	6	44	28.72	3.93	0.11	0.02	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT23	CGBT	Cuadro EJ	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.00	1	6	44	28.72	3.93	0.11	0.00	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT24	CGBT	Cuadro EK	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	6	44	28.72	3.93	0.11	0.00	RZ1-K	4	15.5	240.25
CCGBT26	CGBT	Cuadro EX	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.51	1	6	54	51.84	3.93	0.11	0.21	RZ1-K	4	15.5	240.25
CA01	Cuadro A	Bomba de toma de agua 1	5	1	2.5	9.45	0.11856	4.18	1	35	103	69.22	1.11	0.09	0.51	RZ1-K Al	4	24.1	580.81
CA02	Cuadro A	Bomba de toma de agua 2	5	1	4	5.88	0.1116	3.26	1	35	103	69.22	1.11	0.09	0.64	RZ1-K Al	4	24.1	580.81
CA03	Cuadro A	Bomba de toma de agua 3	5	1	4	5.88	0.1116	3.92	1	35	103	69.22	1.11	0.09	0.76	RZ1-K Al	4	24.1	580.81
CA04	Cuadro A	Bomba de alimentación al electrolizador	5	1	2.5	9.45	0.11856	1.07	1	10	60	40.32	2.33	0.10	0.27	RZ1-K	4	18.2	331.24
CA05	Cuadro A	Electrolizador	5	1	2.5	9.45	0.11856	4.29	1	25	84	56.45	1.54	0.10	0.72	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CA06	Cuadro A	Dosificador de NaOCl	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.27	1	2.5	26	17.47	9.45	0.12	0.27	RZ1-K	4	22.9	524.41
CA07	Cuadro A	Válvulas motorizadas	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.00	1	2.5	26	17.47	9.45	0.12	0.00	RZ1-K	4	22.9	524.41
CA08	Cuadro A	Tomas de corriente	5	1	6	3.93	0.10644	4.37	1	6	51	34.27	3.93	0.11	4.37	RZ1-K	2	22.9	524.41
CA09	Cuadro A	RIO - 31W 5000K CR190 60D	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	2.34	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	2.34	RZ1-K	2	22.9	524.41
CA10	Cuadro A	RIO - 31W 5000K CR190 60D	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	1.17	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	1.17	RZ1-K	2	22.9	524.41
CEA01	Cuadro EA	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	0.02	RZ1-K	2	22.9	524.41
CEA02	Cuadro EA	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	0.02	RZ1-K	2	22.9	524.41
CEA03	Cuadro EA	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.04	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	0.04	RZ1-K	2	22.9	524.41
CB01	Cuadro B	Bomba de presurización	5	1	4	5.88	0.1116	3.73	1	25	84	52.42	1.54	0.10	1.00	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB02	Cuadro B	Válvulas motorizadas	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.01	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB03	Cuadro B	Compresor 1	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.67	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.67	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB04	Cuadro B	Compresor 2	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.67	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.67	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB05	Cuadro B	Compresor 3	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.67	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.67	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB06	Cuadro B	Compresor 4	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.76	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.76	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB07	Cuadro B	Compresor 5	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.76	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.76	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB08	Cuadro B	Compresor 6	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.76	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.76	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB09	Cuadro B	Bomba de recirculación	5	1	2.5	9.45	0.11856	2.67	1	6	44	27.46	3.93	0.11	1.12	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB10	Cuadro B	Dosificador de coagulante	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.17	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.17	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB11	Cuadro B	Dosificador de floculante	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.14	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.14	RZ1-K	4	22.9	524.41
CB12	Cuadro B	Transportador de palas	5	1	2.5	9.45	0.11856	4.02	1	35	103	64.27	1.11	0.09	0.51	RZ1-K Al	4	24.1	580.81
CB13	Cuadro B	Bomba de neutralización	5	1	2.5	9.45	0.11856	3.82	1	25	84	52.42	1.54	0.10	0.65	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB14	Cuadro B	Bomba de ultrafiltrado 1	5	1	6	3.93	0.10644	3.57	1	25	84	52.42	1.54	0.10	1.41	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB15	Cuadro B	Bomba de ultrafiltrado 2	5	1	6	3.93	0.10644	3.57	1	25	84	52.42	1.54	0.10	1.41	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB16	Cuadro B	Bomba de ultrafiltrado 3	5	1	6	3.93	0.10644	3.96	1	25	84	52.42	1.54	0.10	1.57	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB17	Cuadro B	Bomba de ultrafiltrado 4	5	1	6	3.93	0.10644	3.96	1	25	84	52.42	1.54	0.10	1.57	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB18	Cuadro B	Bomba de ultrafiltrado 5	5	1	6	3.93	0.10644	4.36	1	25	84	52.42	1.54	0.10	1.73	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB19	Cuadro B	Bomba de ultrafiltrado 6	5	1	6	3.93	0.10644	4.36	1	25	84	52.42	1.54	0.10	1.73	RZ1-K Al	4	22.9	524.41
CB20	Cuadro B	Tomas de corriente	5	1	10	2.33	0.1008	3.40	1	10	69	43.06	2.33	0.10	3.40	RZ1-K	2	15.9	252.81
CB21	Cuadro B	RIO - 31W 5000K CR190 60D	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	2.34	1	2.5	30	18.72	9.45	0.12	2.34	RZ1-K	2	15.9	252.81
CB22	Cuadro B	RIO - 31W 5000K CR190 60D	2.5	1	4	5.88	0.1116	1.95	1	4	40	24.96	5.88	0.11	1.95	RZ1-K	2	15.9	252.81
CEB01	Cuadro EB	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	0.02	RZ1-K	2	15.9	252.81
CEB02	Cuadro EB	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.03	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	0.03	RZ1-K	2	15.9	252.81
CEB03	Cuadro EB	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.03	1	2.5	30	20.16	9.45	0.12	0.03	RZ1-K	2	15.9	252.81





RECORRIDO			CARACTERÍSTICAS CARGAS							CARACTERÍSTICAS CABLE					CRITERIO TÉRMICO										
Cable	Origen	Destino	Tensión nominal (V)	Nº de fases	cos φ	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)	L (m)	Nº polos (U/M)	Material	Nivel de aislamiento (kV)	Material de aislamiento	Método de instalación	KTA	KTT	KR	KP	KA	Ktotal	I selección (A)	I tabla (A)	Nº Conductores por fase	Sección nominal (mm²)
CH01	Cuadro H	Bomba de suministro de floculante 1	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	10	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH02	Cuadro H	Bomba de suministro de floculante 2	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	10	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH03	Cuadro H	Bomba de suministro de coagulante 1	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	20	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH04	Cuadro H	Bomba de suministro de coagulante 2	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	20	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH05	Cuadro H	Bomba de suministro de NaOH 1	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	35	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH06	Cuadro H	Bomba de suministro de NaOH 2	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	35	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH07	Cuadro H	Bomba de suministro de ClO2 1	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	45	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH08	Cuadro H	Bomba de suministro de ClO2 2	400	3	0.920	8.00	3.41	8.70	10.04	45	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	16.09	26	1	2.5
CH09	Cuadro H	Bomba de suministro de polielectrolito	400	3	0.870	12.00	6.80	13.79	15.93	50	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	25.52	26	1	2.5
CH10	Cuadro H	Bomba de suministro de H2SO4	400	3	0.870	12.00	6.80	13.79	15.93	55	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	25.52	26	1	2.5
CH11	Cuadro H	Válvulas motorizadas	400	3	0.910	0.05	0.02	0.05	0.06	65	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	0.10	26	1	2.5
CH12	Cuadro H	Tomas de corriente	230	1	1.000	3.68	0.00	3.68	16.00	115	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	25.64	30	1	2.5
CH13	Cuadro H	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	1	0.950	1.40	0.46	1.47	6.38	115	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.65	0.62	10.23	30	1	2.5
CEH01	Cuadro EH	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.02	0.01	0.02	0.08	45	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.80	0.77	0.10	30	1	2.5
CEH02	Cuadro EH	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.02	0.00	0.02	0.07	70	M	Cu	0.6/1	XLPE	Tubo en falso techo	0.96	1	1	1	0.80	0.77	0.09	30	1	2.5
CI01	Cuadro I	Aire acondicionado 1	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	20	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.58	32	1	2.5
CI02	Cuadro I	Aire acondicionado 2	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	35	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.58	32	1	2.5
CI03	Cuadro I	Aire acondicionado 3	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	40	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.58	32	1	2.5
CI04	Cuadro I	Aire acondicionado 4	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	40	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.58	32	1	2.5
CI05	Cuadro I	Aire acondicionado 5	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	120	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.58	32	1	2.5
CI06	Cuadro I	Aire acondicionado 6	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	25	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.58	32	1	2.5
CI07	Cuadro I	Aire acondicionado 7	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	15	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.58	32	1	2.5
CI08	Cuadro I	Tomas de corriente 1	230	1	1.000	3.68	0.00	3.68	16.00	50	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	20.83	36	1	2.5
CI09	Cuadro I	Tomas de corriente 2	230	1	1.000	3.68	0.00	3.68	16.00	45	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	20.83	36	1	2.5
CI10	Cuadro I	Tomas de corriente 3	230	1	1.000	3.68	0.00	3.68	16.00	65	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	20.83	36	1	2.5
CI11	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	1	0.950	0.63	0.21	0.66	2.86	80	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.72	36	1	2.5
CI12	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	1	0.950	0.65	0.21	0.68	2.97	70	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.87	36	1	2.5
CI13	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	1	0.950	0.65	0.21	0.68	2.97	75	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	3.87	36	1	2.5
CI14	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	1	0.950	0.88	0.29	0.92	4.00	75	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.80	0.77	5.21	36	1	2.5
CEI01	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.01	0.00	0.01	0.06	35	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	0.08	36	1	2.5
CEI02	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.01	0.00	0.01	0.06	40	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	0.08	36	1	2.5
CEI03	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.01	0.00	0.01	0.06	40	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	0.08	36	1	2.5
CEI04	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.01	0.00	0.01	0.06	45	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	0.08	36	1	2.5
CJ01	Cuadro J	Tomas de corriente	230	1	1.000	3.68	0.00	3.68	16.00	30	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.88	0.84	18.94	36	1	2.5
CJ02	Cuadro J	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	230	1	0.950	0.28	0.09	0.29	1.28	25	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.88	0.84	1.51	36	1	2.5
CEJ01	Cuadro EJ	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.01	0.00	0.01	0.05	35	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	1.00	0.96	0.05	36	1	2.5
CK01	Cuadro K	Aire acondicionado 8	400	3	0.840	2.00	1.29	2.38	2.75	20	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	3.63	32	1	2.5
CK02	Cuadro K	Barrera	230	1	0.900	0.16	0.08	0.18	0.62	20	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	0.82	36	1	2.5
CK03	Cuadro K	Tomas de corriente	230	1	1.000	3.68	0.00	3.68	16.00	35	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	21.10	36	1	2.5
CK04	Cuadro K	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	230	1	0.950	0.30	0.10	0.32	1.37	30	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	0.79	0.76	1.81	36	1	2.5
CEK01	Cuadro EK	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	230	1	0.950	0.01	0.00	0.01	0.02	30	M	Cu	0.6/1	XLPE	Bandeja	0.96	1	1	1	1.00	0.96	0.02	36	1	2.5
CEX01	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	230	1	0.950	0.67	0.22	0.70	3.04	480	M	Al	0.6/1	XLPE	Directamente enterrado	1.00	0.96	1	1	0.50	0.48	6.34	35	1	2.5
CEX02	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	230	1	0.950	0.67	0.22	0.70	3.04	250	M	Cu	0.6/1	XLPE	Directamente enterrado	1.00	0.96	1	1	0.50	0.48	6.34	35	1	2.5
CEX03	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	230	1	0.950	0.70	0.23	0.74	3.20	370	M	Cu	0.6/1	XLPE	Directamente enterrado	1.00	0.96	1	1	0.50	0.48	6.67	35	1	2.5
CEX04	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	230	1	0.950	0.70	0.23	0.74	3.20	220	M	Cu	0.6/1	XLPE	Directamente enterrado	1.00	0.96	1	1	0.50	0.48	6.67	35	1	2.5
CEX05	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	230	1	0.950	0.70	0.23	0.74	3.20	400	M	Al	0.6/1	XLPE	Directamente enterrado	1.00	0.96	1	1	0.50	0.48	6.67	35	1	2.5
CEX06	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	230	1	0.950	0.70	0.23	0.74	3.20	360	M	Cu	0.6/1	XLPE	Directamente enterrado	1.00	0.96	1	1	0.50	0.48	6.67	35	1	2.5

RECORRIDO			CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN						SECCIÓN ESCOGIDA						DIMENSIONES CABLE				
Cable	Origen	Destino	$\Delta V$ máx. (%)	Nº Conductores por fase	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	R (Ω/km)	X (Ω/km)	$\Delta V$ (%)	Nº Conductores por fase	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	l tabla (A)	l z máxima (A)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	$\Delta V$ real (%)	Designación cable	Nº cores	D exterior (mm)	Sección ocupada (mm <sup>2</sup> )
CH01	Cuadro H	Bomba de suministro de floculante 1	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.38	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.38	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH02	Cuadro H	Bomba de suministro de floculante 2	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.38	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.38	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH03	Cuadro H	Bomba de suministro de coagulante 1	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.76	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.76	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH04	Cuadro H	Bomba de suministro de coagulante 2	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.76	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.76	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH05	Cuadro H	Bomba de suministro de NaOH 1	5	1	2.5	9.45	0.11856	1.33	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	1.33	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH06	Cuadro H	Bomba de suministro de NaOH 2	5	1	2.5	9.45	0.11856	1.33	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	1.33	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH07	Cuadro H	Bomba de suministro de ClO2 1	5	1	2.5	9.45	0.11856	1.71	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	1.71	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH08	Cuadro H	Bomba de suministro de ClO2 2	5	1	2.5	9.45	0.11856	1.71	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	1.71	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH09	Cuadro H	Bomba de suministro de polielectrolito	5	1	2.5	9.45	0.11856	2.86	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	2.86	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH10	Cuadro H	Bomba de suministro de H2SO4	5	1	2.5	9.45	0.11856	3.14	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	3.14	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH11	Cuadro H	Válvulas motorizadas	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	2.5	26	16.22	9.45	0.12	0.01	RZ1-K	4	15.9	252.81
CH12	Cuadro H	Tomas de corriente	5	1	10	2.33	0.1008	3.73	1	10	69	43.06	2.33	0.10	3.73	RZ1-K	2	15.9	252.81
CH13	Cuadro H	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	2.5	1	6	3.93	0.10644	2.40	1	6	51	31.82	3.93	0.11	2.40	RZ1-K	2	13.7	187.69
CEH01	Cuadro EH	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.03	1	2.5	30	23.04	9.45	0.12	0.03	RZ1-K	2	13.7	187.69
CEH02	Cuadro EH	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.04	1	2.5	30	23.04	9.45	0.12	0.04	RZ1-K	2	13.7	187.69
CI01	Cuadro I	Aire acondicionado 1	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.19	1	2.5	32	22.43	9.45	0.12	0.19	RZ1-K	4	13.7	187.69
CI02	Cuadro I	Aire acondicionado 2	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.33	1	2.5	32	22.43	9.45	0.12	0.33	RZ1-K	4	13.7	187.69
CI03	Cuadro I	Aire acondicionado 3	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.38	1	2.5	32	22.43	9.45	0.12	0.38	RZ1-K	4	13.7	187.69
CI04	Cuadro I	Aire acondicionado 4	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.38	1	2.5	32	22.43	9.45	0.12	0.38	RZ1-K	4	13.7	187.69
CI05	Cuadro I	Aire acondicionado 5	5	1	2.5	9.45	0.11856	1.14	1	2.5	32	22.43	9.45	0.12	1.14	RZ1-K	4	13.7	187.69
CI06	Cuadro I	Aire acondicionado 6	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.24	1	2.5	32	22.43	9.45	0.12	0.24	RZ1-K	4	13.7	187.69
CI07	Cuadro I	Aire acondicionado 7	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.14	1	2.5	32	22.43	9.45	0.12	0.14	RZ1-K	4	13.7	187.69
CI08	Cuadro I	Tomas de corriente 1	5	1	4	5.88	0.1116	4.09	1	4	49	34.34	5.88	0.11	4.09	RZ1-K	2	13.7	187.69
CI09	Cuadro I	Tomas de corriente 2	5	1	2.5	9.45	0.11856	5.92	1	2.5	36	25.23	9.45	0.12	5.92	RZ1-K	2	13.7	187.69
CI10	Cuadro I	Tomas de corriente 3	5	1	6	3.93	0.10644	3.55	1	6	63	44.15	3.93	0.11	3.55	RZ1-K	2	13.7	187.69
CI11	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	1.79	1	2.5	36	25.23	9.45	0.12	1.79	RZ1-K	2	13.1	171.61
CI12	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	1.63	1	2.5	36	25.23	9.45	0.12	1.63	RZ1-K	2	13.1	171.61
CI13	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	1.75	1	2.5	36	25.23	9.45	0.12	1.75	RZ1-K	2	13.1	171.61
CI14	Cuadro I	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	2.35	1	2.5	36	25.23	9.45	0.12	2.35	RZ1-K	2	13.1	171.61
CEI01	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	2.5	36	27.30	9.45	0.12	0.02	RZ1-K	2	13.1	171.61
CEI02	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	2.5	36	27.30	9.45	0.12	0.02	RZ1-K	2	13.1	171.61
CEI03	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	2.5	36	27.30	9.45	0.12	0.02	RZ1-K	2	13.1	171.61
CEI04	Cuadro EI	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.02	1	2.5	36	27.30	9.45	0.12	0.02	RZ1-K	2	13.1	171.61
CJ01	Cuadro J	Tomas de corriente	5	1	2.5	9.45	0.11856	3.94	1	2.5	36	30.41	9.45	0.12	3.94	RZ1-K	2	13.1	171.61
CJ02	Cuadro J	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.25	1	2.5	36	30.41	9.45	0.12	0.25	RZ1-K	2	13.1	171.61
CEJ01	Cuadro EJ	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	2.5	36	34.56	9.45	0.12	0.01	RZ1-K	2	13.1	171.61
CK01	Cuadro K	Aire acondicionado 8	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.19	1	2.5	32	24.27	9.45	0.12	0.19	RZ1-K	4	13.1	171.61
CK02	Cuadro K	Barrera	5	1	2.5	9.45	0.11856	0.09	1	2.5	36	27.30	9.45	0.12	0.09	RZ1-K	2	11.7	136.89
CK03	Cuadro K	Tomas de corriente	5	1	2.5	9.45	0.11856	4.60	1	2.5	36	27.30	9.45	0.12	4.60	RZ1-K	2	11.7	136.89
CK04	Cuadro K	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.32	1	2.5	36	27.30	9.45	0.12	0.32	RZ1-K	2	11.7	136.89
CEK01	Cuadro EK	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	2.5	1	2.5	9.45	0.11856	0.01	1	2.5	36	34.56	9.45	0.12	0.01	RZ1-K	2	11.7	136.89
CEX01	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	2.5	1	25	1.54	0.09696	1.90	1	25	98	47.04	1.54	0.10	1.90	RZ1FZ1-K AI	2	20.7	428.49
CEX02	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	2.5	1	6	3.93	0.10644	2.49	1	6	58	27.84	3.93	0.11	2.49	RZ1FZ1-K	2	13.7	187.69
CEX03	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	2.5	1	10	2.33	0.1008	2.31	1	10	77	36.96	2.33	0.10	2.31	RZ1FZ1-K	2	15.9	252.81
CEX04	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	2.5	1	6	3.93	0.10644	2.31	1	6	58	27.84	3.93	0.11	2.31	RZ1FZ1-K	2	13.7	187.69
CEX05	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	2.5	1	25	1.54	0.09696	1.66	1	25	98	47.04	1.54	0.10	1.66	RZ1FZ1-K AI	2	20.7	428.49
CEX06	Cuadro EX	STARBEAM Roadway Distribution	2.5	1	10	2.33	0.1008	2.25	1	10	77	36.96	2.33	0.10	2.25	RZ1FZ1-K	2	15.9	252.81

Tabla 35: Resultados del cálculo de secciones de los conductores de la instalación.

## 4.2. Dimensionamiento del grupo electrógeno

El grupo electrógeno, situado en la sala contigua al centro de transformación, alimenta a los cuadros de emergencia. Para su dimensionamiento, se debe seguir un proceso análogo al dimensionamiento del CGBT: sumar las potencias activas y reactivas de cada cuadro de emergencia, multiplicarlas por el coeficiente de simultaneidad (ver Tabla 2) y calcular, a partir de ellas, la potencia aparente del grupo. A continuación, se muestra la potencia total del grupo electrógeno:

Grupo electrógeno						
Carga	Tensión nominal (V)	P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)	cos $\phi$	I (A)
Cuadro EA	400	0.0405	0.013311706	0.042631579	0.95	0.061533384
Cuadro EB	400	0.036	0.011832628	0.037894737	0.95	0.054696341
Cuadro EC	400	0.09975	0.032786239	0.105	0.95	0.151554446
Cuadro ED	400	0.03375	0.011093089	0.035526316	0.95	0.05127782
Cuadro EE	400	0.0125	0.004108551	0.013157895	0.95	0.018991785
Cuadro EF	400	0.0075	0.002465131	0.007894737	0.95	0.011395071
Cuadro EG	400	0.052	0.017091573	0.054736842	0.95	0.079005826
Cuadro EH	400	0.02925	0.00961401	0.030789474	0.95	0.044440777
Cuadro EI	400	0.04	0.003286841	0.040134814	0.996640962	0.057929615
Cuadro EJ	400	0.01	0.003286841	0.010526316	0.95	0.015193428
Cuadro EK	400	0.005	0.001643421	0.005263158	0.95	0.007596714
Cuadro EX	400	2.891	0.950225748	3.043157895	0.95	4.392420074
Grupo electrógeno	$K_s$					
	0.6	P total (kW)	Q total (kVar)	S total (KVA)	cos $\phi$ general	I total (A)
		1.95435	0.636447467	2.055370843	0.950850309	<b>5.138427107</b>

Tabla 36: Potencia requerida para el grupo electrógeno.

Como se puede ver, la potencia requerida es de 2.06 kVA. Por tanto, se ha escogido un grupo electrógeno de 6 kVA, el cual permite acomodar futuros aumentos de los requerimientos de potencia para cargas de emergencia.

## 4.3. Corrientes de cortocircuito

Para la correcta selección y ajuste de las protecciones, se deben calcular las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas que pueden tener lugar en los diferentes puntos de la instalación.

#### 4.3.1. Corrientes de cortocircuito máximas

Las corrientes de cortocircuito máximas son aquellas que se dan a la salida del dispositivo de protección. Para sistemas de baja tensión, la corriente de cortocircuito de mayor aporte es la que se da cuando tiene lugar una falta trifásica. Por tanto, para determinar el poder de corte de los dispositivos de protección a emplear aguas arriba de cada cuadro y/o carga, se van a calcular las intensidades de cortocircuito trifásicas máximas en dichos puntos. Según las normas UNE-EN 60909 y UNE 21239, para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima se deben introducir las siguientes condiciones:

- Se ha de aplicar el factor  $c_{max}(1,1)$ .
- Se ha de escoger la configuración del sistema y la máxima contribución de las centrales y redes de alimentación que conducen al valor máximo de la corriente de cortocircuito en el punto de falta.
- Al considerar las redes externas (red de distribución en este caso), su impedancia equivalente de cortocircuito debe ser la mínima.
- Si procede, los motores deben incluirse en el cálculo.
- La intensidad de las líneas debe ser considerada a 20 °C.

Para el cálculo de las intensidades de cortocircuito máximas, se empleará el método de las impedancias equivalentes. Este método consiste en introducir una fuente de tensión equivalente en el punto de falta, mientras que todas las fuentes de tensión son cortocircuitadas. Así, la fuente equivalente será la única tensión activa del sistema, mientras que todas las máquinas síncronas y asíncronas se reemplazan por sus impedancias internas. Con esa disposición de red se calcula la intensidad de cortocircuito trifásica máxima, de la siguiente manera:

$$I''k3_{max} = \frac{c_{m\acute{a}x} \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{eq}} [A]$$

Para el caso de que las cargas sean monofásicas, la intensidad de cortocircuito máxima corresponderá a la falta fase-neutro. Por tanto, esta se calculará según:

$$I''k1_{max} = \frac{c_{m\acute{a}x} \cdot V}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot Z_{eq}} [A]$$

Donde  $Z_{eq}$  es la impedancia equivalente de la línea considerada. Dicha impedancia será la suma (es decir, la impedancia acumulada) de las impedancias desde el extremo aguas arriba (la red de

distribución) hasta el punto donde se considera la falta. Las impedancias de los conductores se calculan como se muestra a continuación:

$$Z_{ccmax\ acumulada} = \sqrt{(R_{acumulada})^2 + (X_{acumulada})^2}$$

Siendo X la reactancia del cable y R su resistencia acumuladas.

El valor de la reactancia no depende de la temperatura ambiente, por lo que será obtenido de las Tabla 28 y 29 empleadas para el dimensionamiento de conductores por el criterio de caída de tensión. No obstante, en el estudio del cortocircuito máximo, se debe emplear la resistencia que produce una intensidad de cortocircuito máxima, es decir, la resistencia mínima en el punto de falta. Dicha resistencia no es otra que la resistencia del conductor a 20 °C, por lo que, en este caso, también se toma de las Tabla 28 y 29.

#### 4.3.2. Corrientes de cortocircuito mínimas

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito mínimas se empleará también el método de las impedancias equivalentes. Para sistemas de baja tensión, la corriente de cortocircuito mínima tendrá lugar en el extremo final del circuito a proteger, es decir, al final de la línea. Esta intensidad es la que tiene lugar ante una falta monofásica (fase - neutro), y es la que se empleará para determinar la curva de disparo de los dispositivos de protección. Según las normas UNE-EN 60909 y UNE 21239, para el cálculo de la corriente de cortocircuito mínima se deben introducir las siguientes condiciones:

- Se ha de aplicar el factor  $c_{max}$  (0,9).
- Se ha de escoger la configuración del sistema y la máxima contribución de las centrales y redes de alimentación que conducen al valor mínimo de la corriente de cortocircuito en el punto de falta.
- Al considerar las redes externas (red de distribución en este caso), su impedancia equivalente de cortocircuito debe ser la máxima.
- Los motores no deben incluirse en el cálculo.
- La intensidad de las líneas debe ser considerada a la máxima temperatura de funcionamiento.

Al tratarse de una falta monofásica, la intensidad de cortocircuito mínima en el extremo del cable se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:



$$I''k1_{min} = \frac{c_{min} \cdot V}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot Z_{eq}} [A]$$

En este caso, el valor de la reactancia del cable es obtenido de las Tabla 28 y 29 al no depender de la temperatura, mientras que la resistencia ha sido calculada para su temperatura máxima de trabajo, según:

$$R_{T_{amb}} = R_{20^{\circ}C} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Donde  $\alpha$  es el coeficiente de temperatura y  $\Delta T$  la diferencia entre la temperatura de trabajo y los 20 °C. El coeficiente de temperatura adquiere un valor de 0,0039 °C<sup>-1</sup> para el cobre y el aluminio.

#### 4.3.3. Resultados

A continuación, se muestran las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas calculadas para cada punto relevante de la instalación. También se muestran las resistencias y reactancias acumuladas hasta el punto de falta.







#### 4.4. Alimentación desde el grupo electrógeno

En la selección de protecciones se debe tener en cuenta que las cargas de emergencia pueden tener dos alimentaciones: el CT (funcionamiento normal) y el grupo electrógeno (funcionamiento de emergencia). La impedancia total hasta el punto de falta depende de la alimentación que esté conectada, por tanto, las intensidades de cortocircuito que pueden tener lugar varían en función del modo de funcionamiento de la planta. Esto implica que los interruptores de las cargas y cuadros de emergencia deben seleccionarse de forma que cumplan, en ambas situaciones, las tres condiciones establecidas en los puntos anteriores. Para ello, primeramente, se debe calcular la impedancia equivalente del grupo electrógeno, obtenida según:

$$Z_G = \frac{U_G^2}{S_G} = \frac{400^2}{6000} = 26.67 \Omega$$

A dicha impedancia se le debe aplicar un factor de corrección que depende de la reactancia subtransitoria ( $x''_d$ ) del grupo diésel y de su factor de potencia:

$$K_G = \frac{c_{max}}{1 + x''_d \cdot \text{sen}(\varphi)} = \frac{1,1}{1 + 0,9 \cdot \text{sen}(\arccos(0,8))} = 1,026$$

Finalmente, la resistencia y reactancia equivalentes del grupo se obtienen mediante las siguientes fórmulas:

$$X_{GK} = Z_G \cdot x''_d \cdot K_G = 2,463 \Omega$$

$$R_{GK} = 0,15 \cdot X_{GK} = 0,369 \Omega$$

Con estos dos datos se calculan las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas de los cables de emergencia cuando se alimentan desde el grupo electrógeno. Los resultados se muestran a continuación:



## 5. DIMENSIONAMIENTO DE CANALIZACIONES

### 5.1. Tubos

En esta sección se calculan las dimensiones y el número de tubos necesarios en los tramos en el que el tendido de cables se realiza en tubos. Los tubos permiten un llenado máximo del 40 % para facilitar el tendido de los cables. Estos presentan una sección normalizada, tal y como indica la siguiente tabla:

Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Superficie disponible (mm <sup>2</sup> )	Superficie útil (mm <sup>2</sup> )
25	20	314	126
40	35	962	385
63	58	2642	1057
110	82	5281	2112
160	120	11309	4524
200	150	17671	7068
250	188	27759	11104

*Tabla 39: Secciones normalizadas de tubos*

#### 5.1.1. Cables CGBT – Cuadros secundarios y de emergencia

Los cables que alimentan los cuadros secundarios situados por los diferentes edificios de la planta serán canalizados mediante tubos enterrados. En este caso se ha optado por canalizar cada cable por un tubo para evitar un excesivo calentamiento. Por tanto, en esta sección se calculará el diámetro mínimo de tubo necesario para canalizar cada cable. Para ello, se procede a calcular la sección ocupada por cada cable para luego escoger el ducto con la sección útil superior más cercana.

La sección ocupada por los cables se ha obtenido mediante el diámetro exterior, el cual es proporcionado por el suministrador de los cables. La siguiente tabla muestra el tamaño mínimo de tubo que se debe instalar para tender los cables estudiados.

Cable	Nº de conductores	D exterior (mm)	Sección ocupada (mm <sup>2</sup> )	Tubo escogido (D exterior)
CCGBT01	4	32.6	4251.04	160
CCGBT02	4	32.6	8502.08	250
CCGBT03	4	41.7	1738.89	110
CCGBT04	4	36.2	10483.52	250
CCGBT05	4	30	900	63
CCGBT06	4	33.7	1135.69	110
CCGBT07	4	33.7	1135.69	110
CCGBT08	4	41.7	1738.89	110
CCGBT09	4	33.7	1135.69	110
CCGBT10	4	22.9	524.41	63
CCGBT11	4	15.5	240.25	40
CCGBT12	4	18.2	331.24	40
CCGBT14	4	15.5	240.25	40
CCGBT15	4	15.5	240.25	40
CCGBT16	4	15.5	240.25	40
CCGBT17	4	15.5	240.25	40
CCGBT18	4	15.5	240.25	40
CCGBT19	4	15.5	240.25	40
CCGBT20	4	15.5	240.25	40
CCGBT21	4	15.5	240.25	40
CCGBT22	4	15.5	240.25	40
CCGBT23	4	15.5	240.25	40
CCGBT24	4	15.5	240.25	40

Tabla 40: Tamaño mínimo de los tubos enterrados para cada cable.

Del mismo modo, la tabla mostrada a continuación indica el número de tubos dispuestos en cada tramo de tubos enterrados. Como referencia véase el documento “Planos” de este proyecto.

TRAMO	Nº ductos	TRAMO	Nº ductos	TRAMO	Nº ductos
BD01	23	BD11	2	BD21	8
BD02	2	BD12	2	BD22	8
BD03	21	BD13	15	BD23	8
BD04	6	BD14	15	BD24	3
BD05	2	BD15	2	BD25	4
BD06	2	BD16	13	BD26	2
BD07	4	BD17	2	BD27	2
BD08	2	BD18	11	BD28	4
BD09	2	BD19	2	BD29	2
BD10	2	BD20	1	BD30	2

Tabla 41: Número de ductos enterrados en cada tramo.



### 5.1.2. Cables cuadros secundarios o de emergencia – cargas finales

Los cables que alimentan a los receptores finales en el interior de los edificios de proceso se canalizan mediante tubos dispuestos sobre el falso techo. A continuación, se calcula la cantidad de tubos necesarios para el tendido de estos cables, así como el tamaño de estos. Solamente serán calculados los tubos a la salida de cada cuadro secundario o de emergencia. La siguiente tabla indica el número de tubos necesarios para cada cuadro, así como el tamaño de estos. Se ha considerado que todos los tubos del mismo cuadro deben ser de igual tamaño.

Cuadro	Sección total ocupada (mm <sup>2</sup> )	Nº de cables	Nº de tubos	Sección mínima tubo (mm <sup>2</sup> )	Tubo escogido (D exterior)
Cuadro A	5220.13	10	4	3263	160
Cuadro B	10778.62	22	6	4491	200
Cuadro C1	2780.91	11	4	1738	110
Cuadro C2	10330.51	14	4	6457	200
Cuadro D	2780.91	11	4	1738	110
Cuadro E	1769.67	7	3	1475	110
Cuadro F	1264.05	5	2	1580	110
Cuadro G	3033.72	12	4	1896	110
Cuadro H	3221.41	13	4	2013	110
Cuadro EA	1573.23	3	1	3933	160
Cuadro EB	758.43	3	1	1896	110
Cuadro EC	2022.48	8	3	1685	110
Cuadro ED	758.43	3	1	1896	110
Cuadro EE	252.81	1	1	632	40
Cuadro EF	252.81	1	1	632	40
Cuadro EG	1011.24	4	1	2528	160
Cuadro EH	375.38	2	1	938	40

Tabla 42: Número y sección de tubos para cada cuadro, edificios de proceso.

## 5.2. Bandejas

Los conductores que alimentan a los receptores finales desde los cuadros secundarios y/o los cuadros de emergencia, en los edificios con función diferente a la de proceso, se canalizan mediante bandejas perforadas instaladas en el falso techo de los edificios. Dichas bandejas tendrán unas dimensiones normalizadas de acuerdo con la siguiente tabla:

Ancho (mm)	Alto (mm)	Sección útil (mm <sup>2</sup> )
50	100	5000
100	100	10000
150	100	15000

Tabla 43: Secciones normalizadas de las bandejas.

Las bandejas serán denominadas por su ancho, de forma que una “bandeja de 150” se corresponde con una bandeja de 150 x 100 mm. Las bandejas se han calculado suponiendo que todos los cables se colocan horizontalmente y en contacto, sin apilarse dentro de la misma bandeja. Además, se han sobredimensionado un 20 % para una mayor facilidad de tendido de los cables, así como para reservar espacio para posibles expansiones futuras. En caso necesario, se instalarán varias bandejas apiladas una encima de otra. Nótese que al tender los cables se ha intentado realizar un rutado en forma de árbol, es decir, siguiendo un camino principal desde el cuadro secundario correspondiente para luego bifurcarse hacia la carga final a alimentar. Por tanto, el presente apartado solamente recoge el cálculo del número y dimensiones de bandeja necesarios para dicho tramo principal, en su punto de mayor sollicitación (junto al cuadro secundario o de emergencia). Así, dicho tramo principal se irá “estrechando” (disminuyendo el número y/o ancho de bandeja) a medida que los cables se van bifurcando para alimentar al receptor final. A partir de la bifurcación del tramo principal los cables discurrirán en una bandeja de 50 mm.

La siguiente tabla muestra el número de bandejas necesarias para rutar los cables de cada cuadro secundario o de emergencia, en edificios no húmedos. Se han calculado tratando de obtener el menor número de bandejas posible.

CUADRO	Ancho total ocupado (mm)	Nº bandejas de 50 mm	Nº bandejas de 100 mm	Nº bandejas de 150 mm	Ancho disponible (mm)
Cuadro I	227.28	-	1	1	250
Cuadro J	31.44	1	-	-	50
Cuadro K	57.84	-	1	-	100
Cuadro EI	62.88	-	1	-	100
Cuadro EJ	15.72	1	-	-	50
Cuadro EK	14.04	1	-	-	50

Tabla 44: Número de bandejas salientes de cada cuadro secundario y de emergencia de la planta.

## 6. CÁLCULO DE ALUMBRADO

Para determinar las cargas eléctricas de alumbrado presentes en la planta, se exponen a continuación los criterios y cálculos seguidos.

### 6.1. Alumbrado normal

Para el cálculo de la iluminación normal de los edificios, esto es, determinar la cantidad, modelo y ubicación de las luminarias de alumbrado normal, se ha empleado el programa Dialux. El proceso que se ha seguido es el siguiente:

- Escoger un modelo de luminaria.
- Determinar el número de luminarias y su disposición en la estancia estudiada.
- Calcular la iluminancia media mantenida en la superficie estudiada, y verificar si se superan o no los niveles mínimos que establece la norma.
- En caso de que se superen los niveles mínimos, optimizar el número de luminarias mediante un proceso iterativo hasta alcanzar el mínimo número de luminarias que garantiza los niveles exigidos.
- En caso de que no se alcance la iluminancia mínima exigida, aumentar el número de luminarias hasta alcanzarlo, y luego repetir el paso anterior.

Los resultados de este análisis se muestran en el Anexo 1 del presente documento.

### 6.2. Alumbrado de emergencia

En cuanto al alumbrado de emergencia, este debe cumplir las siguientes funciones:

- Alumbrar, en un nivel suficiente, las vías de evacuación para que las personas puedan abandonar el edificio con seguridad a través de las salidas previstas para estos casos.
- Iluminar las propias señales de evacuación.

- Garantizar que los distintos equipos de alarma y equipos de protección disponibles puedan localizarse fácilmente y usarse rápidamente. Por ejemplo, los equipos de protección contra incendios.
- Facilitar y permitir que las operaciones necesarias vinculadas con las medidas de seguridad se puedan desarrollar con la máxima normalidad posible.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, el alumbrado de emergencia es de obligatoria instalación en los siguientes casos:

- Recintos con ocupación esperada superior a 100 personas.
- Aparcamientos cerrados o cubiertos de más de 100 m<sup>2</sup> de superficie.
- Itinerarios de evacuación y zonas de refugio.
- Locales de pública concurrencia.
- Señales de seguridad.
- Locales con equipos generales de protección contra incendios o de riesgo especial.
- Lugares donde se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado.

Así mismo, el REBT declara la obligatoriedad de la iluminación de emergencia en comunidades de propietarios, oficinas, locales comerciales y almacenes que tengan zona abierta al público. Por tanto, teniendo en cuenta las características de la planta desalinizadora, se ha determinado que contarán con alumbrado de emergencia todas las rutas de evacuación de los edificios, así como las luminarias exteriores presentes en el recinto.

En el Anexo 1 se indican los detalles del tipo de luminarias de emergencia escogidas.

### 6.3. Resultados

Las tablas adjuntas muestran el tipo y número de luminarias empleadas en cada edificio de la planta.

- Alumbrado normal

EDIFICIO	Número de luminarias	Clase
A	17	RIO - 31W 5000K CRI90 60D
B	21	
C	83	
D	17	
E	9	
F	4	
G	33	
H	15	
I	112	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C
J	3	RIO - 31W 5000K CRI90 60D
K	12	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C

*Tabla 45: Luminarias normales de cada edificio de la planta.*

- Alumbrado de emergencia

EDIFICIO	Número de luminarias	Clase
A	18	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A
B	16	
C	57	
D	15	
E	2	
F	1	
G	26	
H	13	
I	20	
J	2	
K	2	
Exterior	118	STARBEAM ECO Roadway Distribution SB19679

Tabla 46: Luminarias de emergencia de cada edificio de la planta.

## 7. SISTEMA DE PROTECCIÓN

En esta sección serán escogidos los dispositivos de protección de los distintos niveles de la instalación eléctrica, en base a lo calculado en el apartado 4. Concretamente, se determinarán los elementos de protección frente a sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos. Tras la explicación de los criterios de selección de los interruptores, se muestran los interruptores escogidos.

### 7.1. Protección frente a sobrecargas

Los interruptores automáticos para la protección de la instalación frente a sobrecargas deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Para evitar disparos intempestivos, la corriente asignada del interruptor debe ser mayor a la corriente de funcionamiento del circuito a proteger. Asimismo, la corriente asignada debe ser inferior a la corriente máxima admisible del circuito, para evitar que este se sobrecargue.

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

- Se permite la circulación de una corriente de sobrecarga hasta un 45% superior a la corriente máxima admisible para el circuito durante un periodo de tiempo no superior a 1 h para interruptores con  $I_n \leq 63$  A y 2h para interruptores con  $I_n > 63$  A.

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Siendo:

- $I_n$ : Intensidad asignada del interruptor.
- $I_z$ : Intensidad máxima admisible calculada para el circuito.
- $I_b$ : Intensidad de funcionamiento del circuito, para la cual el circuito ha sido dimensionado.
- $I_2$ : Intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo del dispositivo de protección en el tiempo convencional de actuación. En instalaciones industriales, de acuerdo con la norma UNE-EN 60898-1, esta corriente es el 130% de  $I_n$ .

En la práctica, la segunda condición no se verifica, pues de cumplirse la primera la segunda lo hace también.

Nótese además que puede darse el caso de que la diferencia entre las corrientes  $I_b$  e  $I_z$  sea demasiado pequeña, de forma que no se encuentre un interruptor normalizado que cumpla con la primera condición. En dicha situación, se emplearán interruptores regulables, que permiten ajustarse a una intensidad  $I_r$ , denominada intensidad regulada. Esta se obtiene multiplicando la intensidad nominal del interruptor por un factor que permita alcanzar una intensidad dentro de los límites establecidos por la primera condición, dentro de unos márgenes proporcionados por el fabricante.

## 7.2. Protección frente a cortocircuitos

Los dispositivos de protección frente a cortocircuitos deben cumplir con 2 condiciones que se indican a continuación:

- El poder de corte del interruptor debe ser igual o superior a la corriente de cortocircuito calculada para el punto donde será instalado el dispositivo de protección.

$$I_{cu} \geq I_{cc}$$

- Para los interruptores modulares (magnetotérmicos), el interruptor debe actuar ante la mínima corriente de cortocircuito que debe proteger. Por norma general, al umbral de actuación se le otorga un margen del 20%, por tanto:

$$I_{cc\ min} \geq 1,2 \cdot I_3$$

Esta misma regla, aplicada a los interruptores automáticos (MCCB y ABC), se traduce en que el dispositivo de protección debe dejar circular, como máximo, una energía específica inferior a la energía específica que el cable puede soportar.

$$I^2 t \leq k^2 \cdot S^2$$

Siendo:

- $I_{cu}$ : Poder de corte del interruptor.
- $I_3$ : Intensidad límite de disparo instantáneo.



- $I^2t$ : Energía específica que el dispositivo de protección permite circular.
- S: Sección del conductor.
- k: Factor dependiente del material del conductor y del material aislante del cable.

Nótese que la intensidad mínima de disparo instantáneo ( $I_3$ ) depende de la curva de disparo del interruptor magnetotérmico (B, C, D, etc.). A su vez, el factor k depende del material aislante y del material conductor del cable. De acuerdo con los valores proporcionados por el fabricante (Schneider Electric), para cables aislados con XLPE, presenta los siguientes valores:

Material conductor	Factor K
k Cu	135
k Al	86.7

Tabla 47: Factor K para el cálculo de la energía específica, para cables aislados con XLPE.

Para los circuitos protegidos mediante MCCB o ACB, se adjuntan a continuación las curvas de limitación de energía específica pasante.

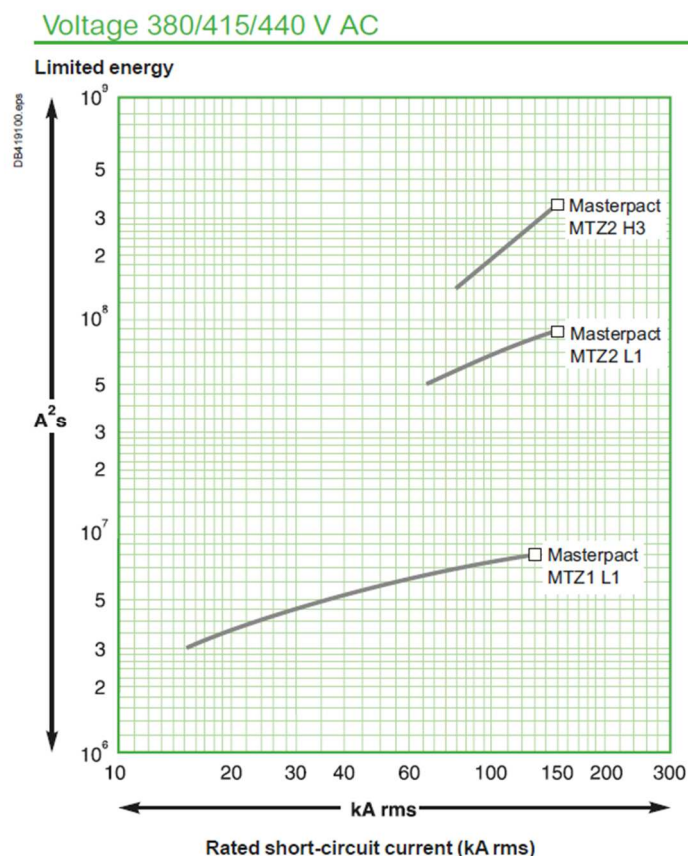


Figura 2: Curva de limitación de energía para los ACB de la gama "MasterPact MTZ" de Schneider Electric.

### Voltage 400/440 V AC

Limited energy

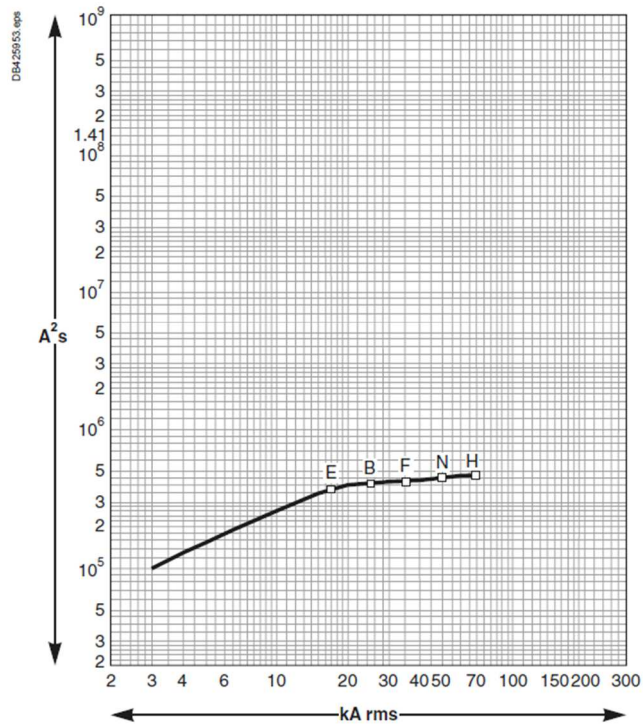


Figura 3: Curva de limitación de energía para los MCCB clase NSXm de la gama "ComPacT" de Schneider Electric.

### Voltage 400/440 V AC

Limited energy

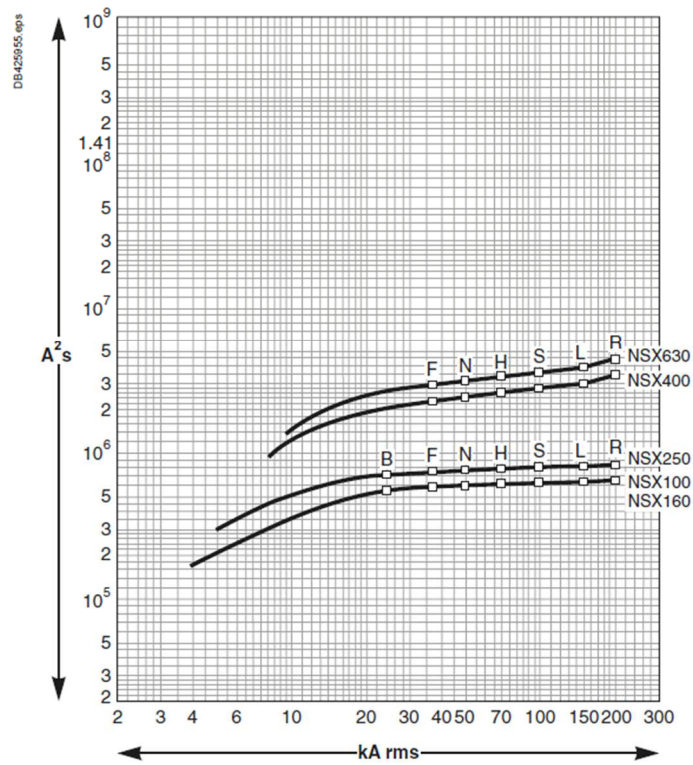


Figura 4: Curva de limitación de energía para los MCCB clase NSX de la gama "ComPacT" de Schneider Electric.

### 7.3. Protección frente a contactos indirectos

Los dispositivos de protección frente a contactos indirectos, al tener la instalación un sistema de puesta a tierra de tipo TT, serán dispositivos diferenciales de corriente residual (DDR). Estos deben cumplir con la siguiente condición, de acuerdo con la ITC-BT 24 del REBT:

$$R_A \cdot I_A \leq U_L$$

Siendo:

- $R_A$ : suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_A$ : corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual, es la corriente diferencial-residual asignada.
- $U_L$ : tensión de contacto límite convencional. En este caso, al tratarse de un local húmedo, tiene un valor de 24 V.

En los circuitos terminales, se han escogido dispositivos diferenciales de 30 mA para luminarias y tomas de corriente, y 300 mA para el resto de los equipos. En los circuitos de salida del CGBT, para asegurar la selectividad con los diferenciales aguas abajo, se ha optado por una corriente residual de 1000 mA. Por el mismo motivo, el interruptor de cabecera del CGBT tendrá una protección diferencial de 3000 mA. Se adjunta a continuación una tabla de selectividad del fabricante (Schneider Electric):


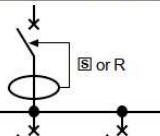
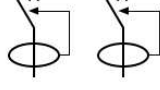


Sensitivity (mA) - Downstream		Sensitivity (mA) - Upstream												
		Instantaneous						Selective 					Delayed R	
		30	100	300	500	1000	3000	100	300	500	1000	3000	1000	3000
	Instantaneous 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Selective 	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Delayed R 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3000		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 5: Tabla de selectividad de interruptores diferenciales.

Por ende, atendiendo a la ecuación anterior, se debe cumplir que la resistencia  $R_A$  debe ser en todo caso inferior a  $8 \Omega$ . Sabiendo que la resistencia de las tomas a tierra de protección es de

1,8  $\Omega$  (ver sección 8), se concluye que todos los dispositivos diferenciales de la planta ( $I_A$  de 30, 300, 1000 y 3000 mA) protegen adecuadamente frente a los contactos indirectos.

## 7.4. Protecciones seleccionadas

A continuación, se muestran los dispositivos de protección escogidos para cada circuito de la instalación. Nótese que, en los MCCB y ACB, cuando no se indique la intensidad de ajuste del relé ( $I_r$ ), significa que esta coincide con la intensidad nominal ( $I_n$ ) del interruptor. Además, para las cargas de emergencia, se muestran los cálculos realizados con alimentación normal y con grupo electrógeno, de forma que los dispositivos seleccionados funcionen correctamente en ambas situaciones.











## 7.5. Estudio de selectividad de interruptores automáticos

Los interruptores automáticos de la instalación deberían asegurar un funcionamiento selectivo; es decir, en caso de falta, debe desconectarse solamente la protección necesaria. Esto implica que, ante una falta en un circuito terminal, debería actuar solamente el interruptor situado aguas arriba de la carga. Del mismo modo, en caso de falta en un circuito que alimenta un cuadro secundario, debería actuar el interruptor de salida del CGBT hacia dicho cuadro. Nótese que, en la práctica, no el 100% de los interruptores de la planta presentarán comportamiento selectivo.

Para el estudio de selectividad, se analizarán las tablas de selectividad proporcionadas por el fabricante (Schneider Electric) y se verificará que las protecciones presentan un comportamiento selectivo. Se realizará el estudio cuadro a cuadro, indicando, para cada tipo de interruptor presente, si hay:

- Selectividad total (T)
- Selectividad parcial (se indicará hasta que valor de intensidad hay selectividad, en kA).
- Selectividad nula (-)

La información ha sido obtenida del documento “Selectivity, Cascading and Coordination Guide” del mencionado fabricante. Cuando la selectividad sea parcial, si no se indica lo contrario, la intensidad límite de selectividad es superior a la intensidad máxima de cortocircuito esperada en el circuito en cuestión. Para más información, véanse los cálculos de corrientes de cortocircuito.

### 7.5.1. CGBT

Interruptor aguas arriba: MTZ1 12;  $I_r = 1250$  A

Interruptor aguas abajo	Selectividad
NSXm 63 B	T
NSXm 160 B	T
NSX 250 B	T
NSX 400 F	T
NSX 630 F	T

### 7.5.2. Cuadro A

Interruptor aguas arriba: NSX 250 B; In = 250 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N <sup>3</sup>	16	T
	20	T
iC60 H	16	T
	50	T
NSXm 63 E	25	T

### 7.5.3. Cuadro B

Interruptor aguas arriba: NSX 400 F; In = 400 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	32	T
	50	T
	63	T
iC60 H	16	T
	25	T
NSXm 63 E	50	T

### 7.5.4. Cuadro C1

Interruptor aguas arriba: NSXm 160 B; In = 125 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	20	T
	25	T
	32	T

---

<sup>3</sup> Nótese que para los MCB iC60 N e iC60 H, la selectividad con los MCCB NSX es independiente de la curva de disparo (B, C o D), por lo que no será indicada.

### 7.5.5. Cuadro C2

Interruptor aguas arriba: NSX 630 F; In = 630 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	20	T
	25	T
C120 N	80	T
NSX 250 B	160	T

### 7.5.6. Cuadro D

Interruptor aguas arriba: NSXm 160 B; In = 80 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	20	T
	25	10

### 7.5.7. Cuadro E

Interruptor aguas arriba: NSXm 160 B; In = 100 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	25	10

### 7.5.8. Cuadro F

Interruptor aguas arriba: NSXm 160 B; In = 100 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	25	10

### 7.5.9. Cuadro G

Interruptor aguas arriba: NSXm 160 B; In = 125 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	20	T
	25	T
	40	T

### 7.5.10. Cuadro H

Interruptor aguas arriba: NSXm 160 B; In = 100 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	16	T
	20	T

### 7.5.11. Cuadro I

Interruptor aguas arriba: NSXm 63 B; In = 40 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	10	0.5
	16	0.5
	20	0.5

La selectividad no es total, pues para algunas cargas (CI01 – CI07), la intensidad de cortocircuito puede ser ligeramente superior a los 0.5 kA. Se considera que, para el edificio I (oficinas), la selectividad total no es imprescindible.

### 7.5.12. Cuadro J

Interruptor aguas arriba: NSXm 63 B; In = 25 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	10	0.5
	20	-

Para la carga CJ02, los interruptores escogidos no proporcionan selectividad. Se considera que, para el edificio J (almacén), en el que solamente hay luminarias y tomas de corriente, no se requiere que haya selectividad.

#### 7.5.13. Cuadro K

Interruptor aguas arriba: NSXm 63 B; In = 32 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	10	0.5
	16	0.5

#### 7.5.14. Cuadros de emergencia (EA – EX)

Al ser los interruptores de los cuadros de emergencia similares, se analizarán conjuntamente.

Interruptor aguas arriba: NSXm 63 B; In = 25 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
iC60 N	3	0.5
	4	0.5

#### 7.5.15. Grupo electrógeno

Interruptor aguas arriba: NSX 100 B; In = 40 A

Interruptor aguas abajo	In (A)	Selectividad
NSXm 63 B	25	1.5

## 8. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

En esta sección se diseña y dimensiona la red de puesta a tierra de la instalación. El alcance del diseño abarca:

- La tierra de masas del centro de transformación, también denominada tierra de herrajes.
- La tierra de servicio de baja tensión.
- La tierra protección de baja tensión.

### 8.1. Estudio de la resistividad del terreno

En lo que respecta a la red de tierras del centro de transformación, el Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría (tensión inferior o igual a 30 kV), y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar una investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores. No obstante, para el diseño de la red de tierra de protección de baja tensión, es imprescindible realizar un estudio previo de la resistividad del terreno, pues de ella depende la resistividad del bucle de defecto y por ende, las intensidades de falta. De acuerdo con el estudio realizado, la resistividad eléctrica ( $\rho$ ) del terreno en las inmediaciones de la planta presenta un valor medio de  $900 \Omega \cdot m$ .

### 8.2. Tierra de servicio

Se entiende por tierra de servicio como la puesta a tierra del neutro del sistema de baja tensión. Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra. Se ha escogido una puesta a tierra de neutro con resistencia, de valor  $56 \Omega$ .

### 8.3. Tierra de masas del centro de transformación

La tierra de masas del centro de transformación será diseñada basándose en las configuraciones tipo del Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA (actual Asociación de Empresas de Energía Eléctrica).

Para el cálculo de la red de tierras de las masas del CT, se debe, primeramente, definir la corriente máxima de puesta a tierra. La compañía distribuidora establece un límite de 300 A para la intensidad máxima de defecto a tierra. Por tanto, la resistencia total de la puesta a tierra del CT debe ser aquella que cumpla:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

Donde  $I_d$  es la intensidad máxima de defecto a tierra y  $V_{bt}$  la tensión de aislamiento de la instalación en BT (10 kV). La intensidad máxima de defecto se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$U_n$  es la tensión de servicio,  $R_n$  es la resistencia de la puesta a tierra del neutro (56  $\Omega$ ),  $R_t$  la resistencia total de la puesta a tierra de protección del CT y  $X_n$  la reactancia de puesta a tierra del neutro (nula en este caso). Combinando las dos ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$I_d = 130,72 \text{ A}$$

$$R_t = 76,49 \text{ } \Omega$$

Se tomará este resultado como preliminar. Se escogerá una configuración para la red de tierras de herrajes cuyo coeficiente de resistencia electrodo ( $K_r$ ) sea inferior a al obtenido con este cálculo preliminar, cuyo valor se calcula según:

$$K_r = \frac{R_t}{R_o}$$

Siendo  $R_o$  la resistividad del terreno obtenida del estudio geotécnico. Por tanto, el coeficiente del electrodo de puesta a tierra debe ser inferior a 0,085. Atendiendo al mencionado Anexo 2, se ha optado una configuración cuadrada de 5 x 5 m con 4 picas de 2 m de longitud, conectadas mediante cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> enterrado a 0,5 m; para la cual el coeficiente de resistencia del electrodo presenta un valor de 0,08. Por tanto, siendo la resistividad del terreno de 900  $\Omega \cdot m$ , la resistencia total de la puesta a tierra del CT es:

$$R'_t = R_o \cdot K_r = 72 \Omega$$

Por tanto, la intensidad de falta a tierra máxima que se dará en el centro de transformación será:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R'_t)^2 + X_n^2}} = \frac{30000}{\sqrt{3} \cdot (56 + 72)} = 135,32 \text{ A}$$

## 8.4. Tierra de protección de BT

La tierra de protección consiste en la red de tierras de las masas de los equipos de baja tensión de la instalación. Esta consta de dos elementos:

- Malla de puesta a tierra
- Conductores de enlace con las masas

La malla de tierras estará formada por cables de cobre desnudo enterrados directamente bajo el suelo, formando anillos alrededor de los edificios, de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Esta malla de puesta a tierra se unirá al mallazo metálico de la cimentación de los edificios mediante conductores de cobre de 35 mm<sup>2</sup>. Asimismo, las masas de las partes metálicas de la instalación (cuadros eléctricos, equipos, etc.) se conectarán a la masa de tierras mediante cables de enlace de cobre aislamiento de XLPE de sección 35 mm<sup>2</sup>. La longitud de la malla de tierras es de aproximadamente 1000 m. Para dicha longitud, de acuerdo con la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE), no es necesario el empleo de picas de puesta a tierra, por lo que no serán incluidas en el diseño de la red de tierras de protección de baja tensión.

Conocidas las características de la instalación de puesta a tierra, se procede a verificar que cumple con la condición indicada en la sección 7.3. del presente documento, que establece que el producto de la resistencia de la puesta a tierra, por la corriente de funcionamiento del dispositivo de protección, es inferior a la tensión máxima de contacto permitida. Esto es:

$$R_A \cdot I_A \leq U_L$$

Para comprobar dicha condición, se debe calcular la resistencia de la puesta a tierra de la instalación. Esta se calcula según la siguiente expresión:

$$R_A = R_{MALLA} = \frac{2 \cdot \rho_{TERRENO}}{L_{malla}} = \frac{2 \cdot 900 \Omega \cdot m}{1000 m} = 1,8 \Omega$$



Se cumple así la condición anteriormente mencionada, por la que ninguna falta a tierra provocará una tensión superior a la tensión de contacto de 24 V que no sea detectada por el dispositivo diferencial.

## 9. DIMENSIONAMIENTO DE PARARRAYOS

En esta sección se procede a determinar la posible necesidad de instalación de pararrayos en la planta, y, en caso afirmativo, al dimensionamiento de estos. Este análisis se ha realizado siguiendo los preceptos del Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad del CTE, sección 8 (Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo).

### 9.1. Evaluación del riesgo de impacto de rayos.

Según el CTE, debe instalarse un sistema de protección contra el rayo cuando se cumpla la siguiente condición:

$$N_e > N_a$$

Siendo

- $N_e$ : Frecuencia esperada de impacto de rayos (nº de impactos/año).
- $N_a$ : Riesgo admisible de impactos.

La frecuencia esperada de impacto de rayos se calcula mediante la fórmula:

$$N_e = N_g \cdot A_e \cdot C_1 \cdot 10^{-6}$$

Siendo:

- $N_g$ : Densidad de impactos sobre el terreno (nº de impactos/año·km<sup>2</sup>).

Esta se obtiene del mapa mostrado a continuación:



Figura 6: Mapa de densidad de impactos sobre el terreno  $N_g$  (CTE).

Atendiendo al mapa, se concluye que el valor de  $N_g$  para la ubicación de la planta (Cuevas de Almanzora, Almería) es de 1,5 impactos/año·km<sup>2</sup>.

- $A_e$ : Superficie de captura equivalente del edificio aislado en m<sup>2</sup>. Esta es la superficie delimitada por una línea trazada a una distancia 3H de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado. Es decir:

$$A_e = (Long. \text{ edificio} + 6 \cdot H) \cdot (Ancho \text{ edificio} + 6 \cdot H)$$

- $C_1$ : Coeficiente relacionado con el entorno, de valor:

Situación del edificio	$C_1$
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Tabla 50: Coeficiente  $C_1$  (CET).

Para la planta desalinizadora, compuesta de varios edificios de similar altura,  $C_1$  toma el valor de 0,5.

Por otro lado, el riesgo admisible de impactos ( $N_a$ ) se calcula según:

$$N_a = \frac{5.5}{C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5} \cdot 10^{-3}$$

Siendo cada uno de los coeficientes mostrados.

- C<sub>2</sub>: Coeficiente en función del tipo de construcción.
- C<sub>3</sub>: Coeficiente en función del contenido del edificio.
- C<sub>4</sub>: Coeficiente en función del uso del edificio.
- C<sub>5</sub>: Coeficiente en función de la necesidad de continuidad de las actividades.

Sus valores se obtienen de la siguiente tabla:

<b>Coeficiente C<sub>2</sub></b>			
	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3
<b>Coeficiente C<sub>3</sub></b>			
Edificio con contenido inflamable			3
Otros contenidos			1
<b>Coeficiente C<sub>4</sub></b>			
Edificios no ocupados normalmente			0,5
<i>Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente</i>			3
Resto de edificios			1
<b>Coeficiente C<sub>5</sub></b>			
Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave			5
Resto de edificios			1

Tabla 51: Coeficientes para el cálculo de N<sub>a</sub> (CTE).

Así, los coeficientes adquieren el siguiente valor para la planta desalinizadora:

C <sub>2</sub>	1
C <sub>3</sub>	1
C <sub>4</sub>	1
C <sub>5</sub>	1

Tabla 52: Valores de los coeficientes para el cálculo de N<sub>a</sub>.

Por tanto, el riesgo admisible de impactos N<sub>a</sub> toma un valor de 0,0055.

Aplicando el procedimiento indicado, se procede a evaluar la necesidad de instalar protección frente a impacto de rayos en cada uno de los edificios que conforman la planta. Como se muestra a continuación, solamente es necesario el diseño de pararrayos para el edificio C.

Edificio	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	A <sub>e</sub>	N <sub>g</sub>	C <sub>1</sub>	N <sub>e</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	N <sub>a</sub>	Pararrayos
A	25	31	5	3355	1.5	0.5	<b>0.00251625</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
B	36	30	5	3960	1.5	0.5	<b>0.00297</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
C	79	53	5	9047	1.5	0.5	<b>0.00678525</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	SI
D	28	26	5	3248	1.5	0.5	<b>0.002436</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
E	15	12	3	990	1.5	0.5	<b>0.0007425</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
F	14	17	3	1120	1.5	0.5	<b>0.00084</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
G	66	20	5	4800	1.5	0.5	<b>0.0036</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
H	53	15	5	3735	1.5	0.5	<b>0.00280125</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
I	34	16	3	1768	1.5	0.5	<b>0.001326</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
J	10	17	3	980	1.5	0.5	<b>0.000735</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
K	7	10	3	700	1.5	0.5	<b>0.000525</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO
L	10	17	3	980	1.5	0.5	<b>0.000735</b>	1	1	1	1	<b>0.0055</b>	NO

Tabla 53: Determinación de la necesidad de empleo de pararrayos.

## 9.2. Dimensionamiento de pararrayos

De lo calculado en la anterior sección, se ha determinado que, en el edificio C del recinto de la planta, la frecuencia esperada del impacto de rayos es superior al riesgo admisible de impactos. Por tanto, a continuación se dimensiona el pararrayos necesario.

Para ello, primeramente, es necesario determinar el nivel de protección de la instalación, el cual se determina mediante la eficiencia requerida E, siendo esta:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 0.189$$

De acuerdo con la siguiente tabla, el nivel de protección necesario es el 4.

Eficiencia requerida	Nivel de protección
$E \geq 0,98$	1
$0,95 \leq E < 0,98$	2
$0,80 \leq E < 0,95$	3
$0 \leq E < 0,80$ <sup>(1)</sup>	4

Tabla 54: Niveles de protección en función de la eficiencia requerida (CTE).

Conocido el nivel de protección, se calcula el radio de protección del pararrayos. En este caso, se ha escogido un pararrayos con dispositivo de cebado, por lo que su radio de protección se calcula según la fórmula:

$$R = D + \Delta L$$

Siendo:

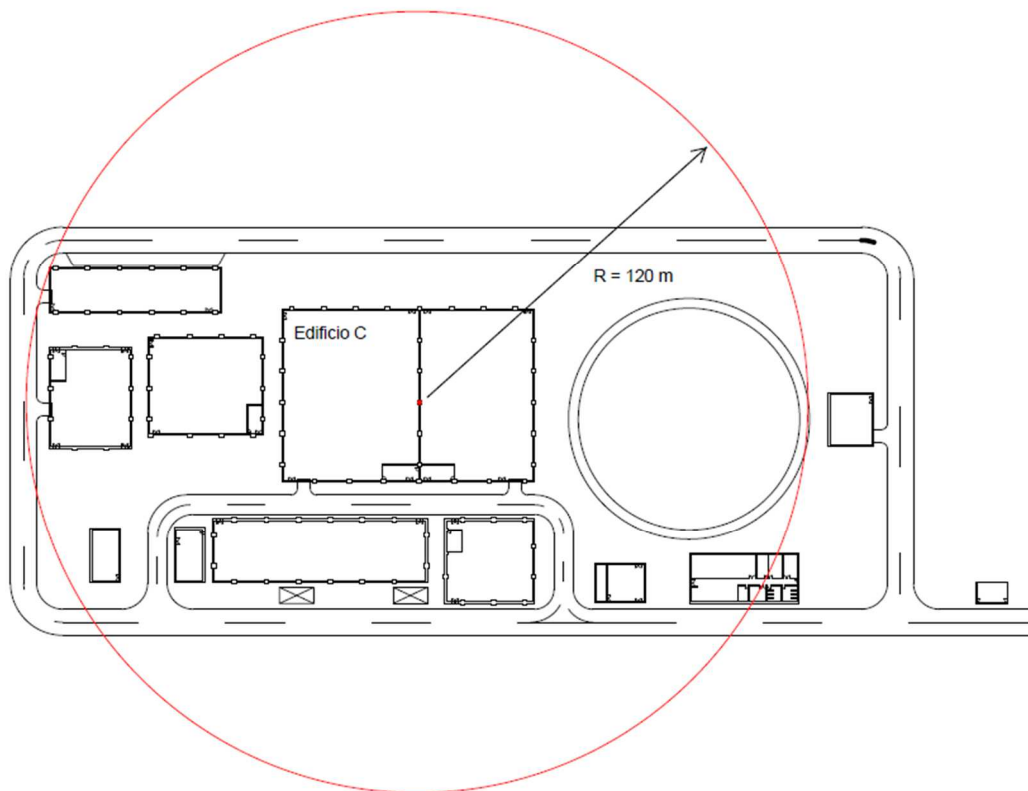
- D: Distancia que depende del nivel de protección, de acuerdo con la siguiente tabla:

<i>Nivel de protección</i>	<i>Distancia D</i> m
1	20
2	30
3	45
4	60

*Tabla 55: Distancia D en función del nivel de protección (CTE).*

- $\Delta L$ : distancia función del tiempo del avance en el cebado  $\Delta t$  del pararrayos en  $\mu s$ . Si el tiempo de cebado es inferior a 60  $\mu s$ , se considerará que  $\Delta L = \Delta t$  (en m), mientras que, si el tiempo de cebado supera los 60 s, la distancia será de 60 m.

El pararrayos seleccionado para la instalación consta de un tiempo de cebado de 60  $\mu s$ , por lo que, el radio de protección del pararrayos será de 120 m. La siguiente figura la vista superior del volumen protegido.



*Figura 7: Vista superior del volumen protegido por el pararrayos.*

# 10. COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

Esta sección pretende determinar los requerimientos de compensación de energía reactiva de la instalación, con el fin de que el factor de potencia global de esta nunca descienda del valor de 0,95. Por tanto, se tomará como factor de potencia objetivo 0,97. Para ello, primeramente, se debe calcular la potencia reactiva necesaria mediante la siguiente expresión:

$$Q_c = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

Siendo:

- $Q_c$ : Potencia reactiva que se necesita inyectar para corregir el factor de potencia.
- $P$ : Potencia activa de la instalación.
- $\cos \phi_1$ : Factor de potencia de la instalación, previo a la corrección.
- $\cos \phi_2$ : Factor de potencia objetivo, en este caso de valor 0,95.

De acuerdo con lo expuesto en el apartado 2 de este documento, al nivel del CGBT, la planta presenta los siguientes valores:

- $P = 642,46 \text{ kW}$
- $Q = 270,93 \text{ kW}$
- $\cos \phi_1 = 0,9214$

Por ende, la potencia reactiva que debe proporcionar el equipo de compensación es:

$$Q_c = 642,46 \cdot (\tan(\arccos(0,9214)) - \tan(\arccos(0,97))) = 109,76 \text{ kVAr}$$

Se instalará, por tanto, una batería de condensadores de 125 kVAr. En concreto, se ha escogido el modelo VarSet Easy de 125 kVAr de Schneider Electric.

# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

## DOCUMENTO 3: PLANOS

### ***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

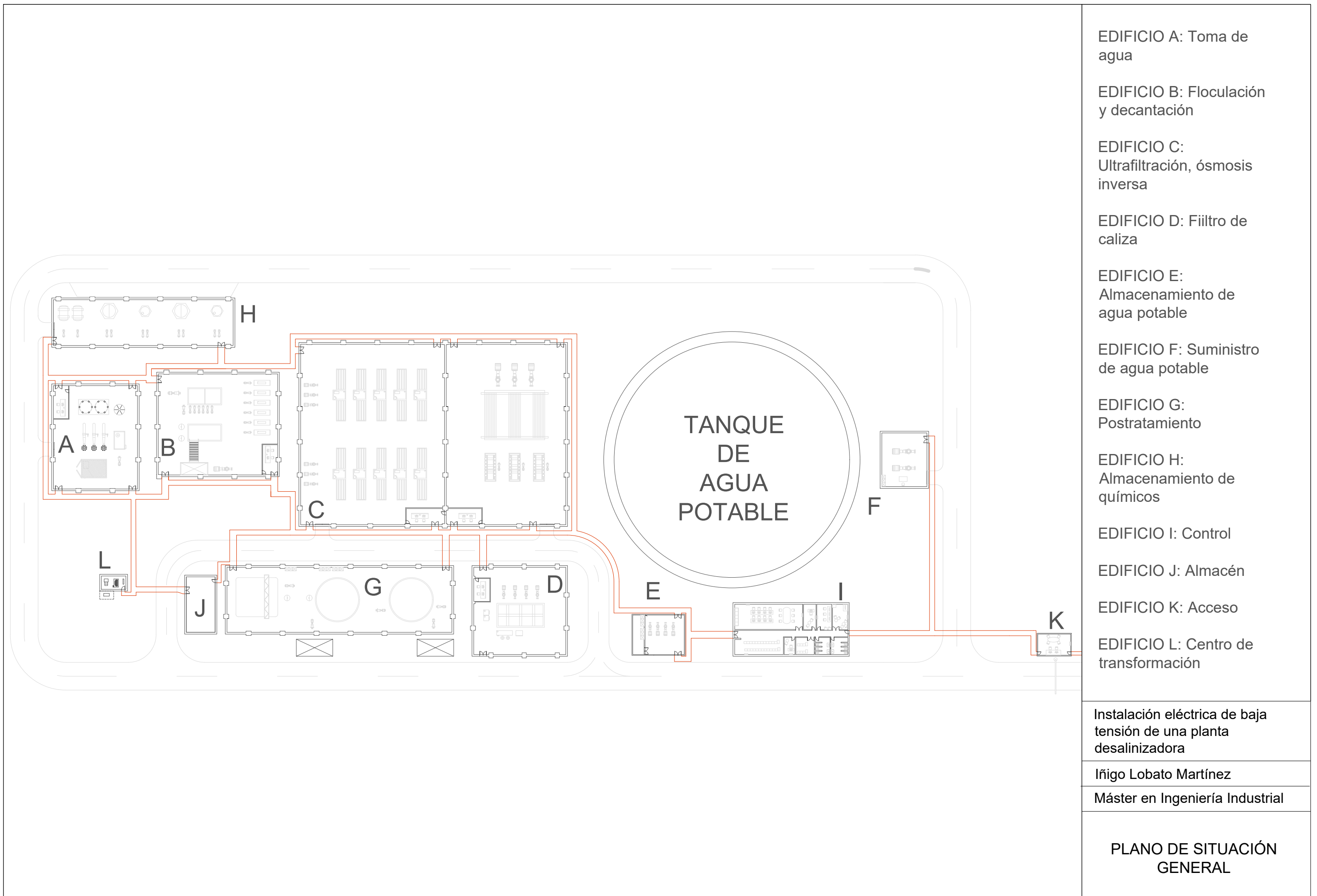
*Bilbao, marzo de 2023*



# ÍNDICE

1. PLANOS DE DISPOSICIÓN .....	3
2. PLANOS DE FUERZA.....	15
3. PLANOS DE ILUMINACIÓN.....	28
4. PLANOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	43
5. PLANOS DE CABLEADO .....	46
6. PLANO DE CANALIZACIONES ENTERRADAS .....	71
7. ESQUEMAS UNIFILARES .....	73

# 1. PLANOS DE SITUACIÓN



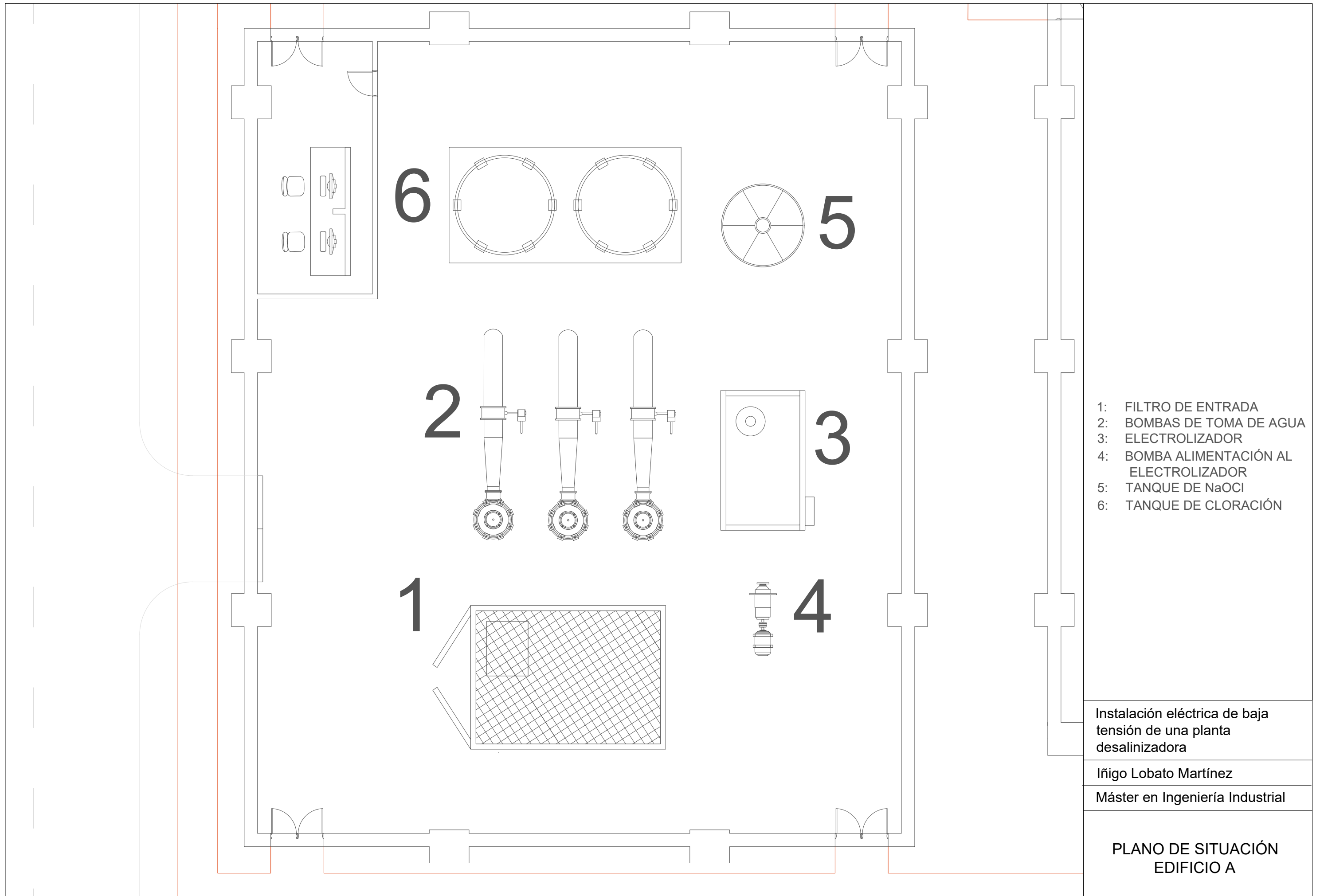
- EDIFICIO A: Toma de agua
- EDIFICIO B: Floculación y decantación
- EDIFICIO C: Ultrafiltración, ósmosis inversa
- EDIFICIO D: Filtro de caliza
- EDIFICIO E: Almacenamiento de agua potable
- EDIFICIO F: Suministro de agua potable
- EDIFICIO G: Postratamiento
- EDIFICIO H: Almacenamiento de químicos
- EDIFICIO I: Control
- EDIFICIO J: Almacén
- EDIFICIO K: Acceso
- EDIFICIO L: Centro de transformación

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE SITUACIÓN GENERAL**



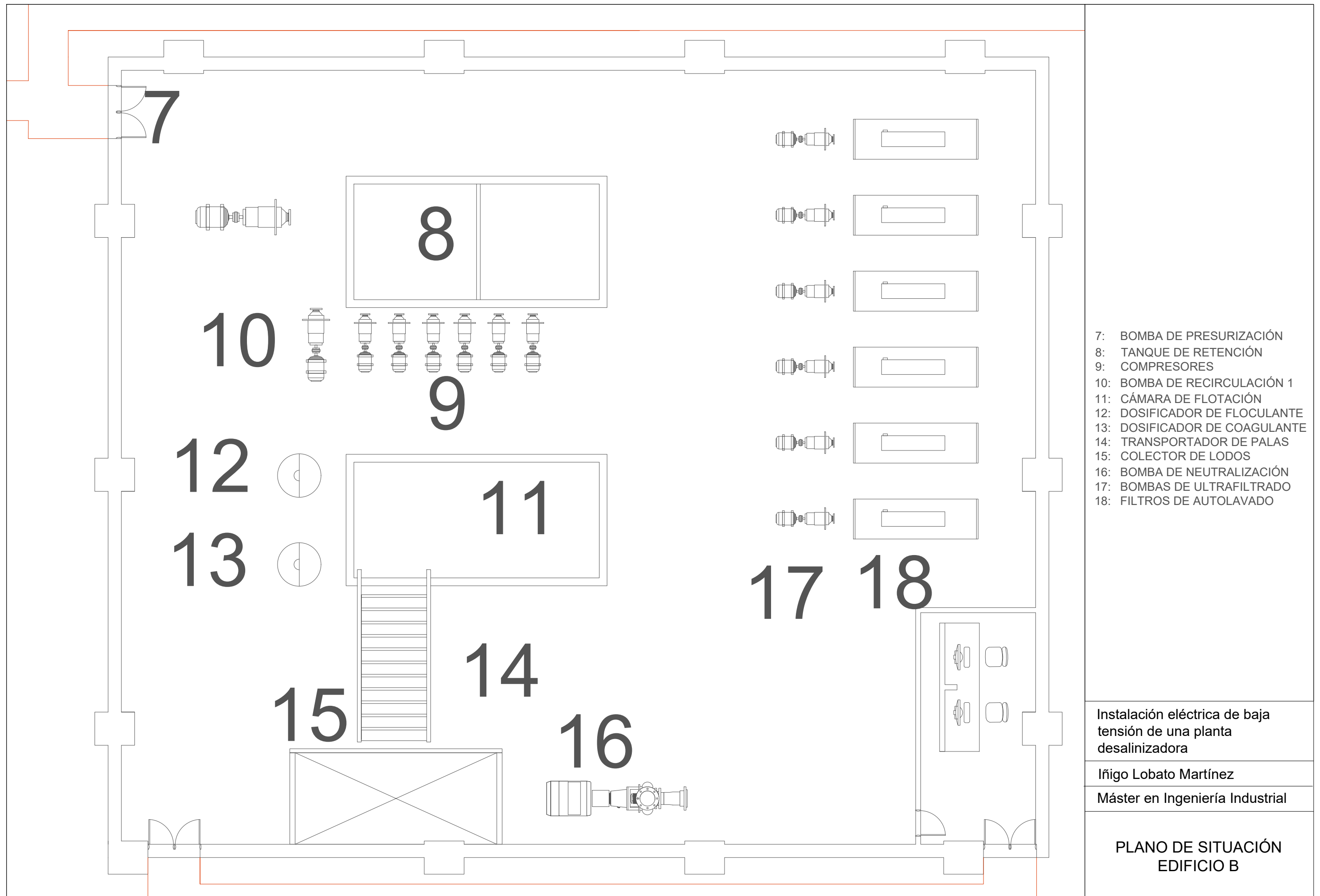
- 1: FILTRO DE ENTRADA
- 2: BOMBAS DE TOMA DE AGUA
- 3: ELECTROLIZADOR
- 4: BOMBA ALIMENTACIÓN AL ELECTROLIZADOR
- 5: TANQUE DE NaOCI
- 6: TANQUE DE CLORACIÓN

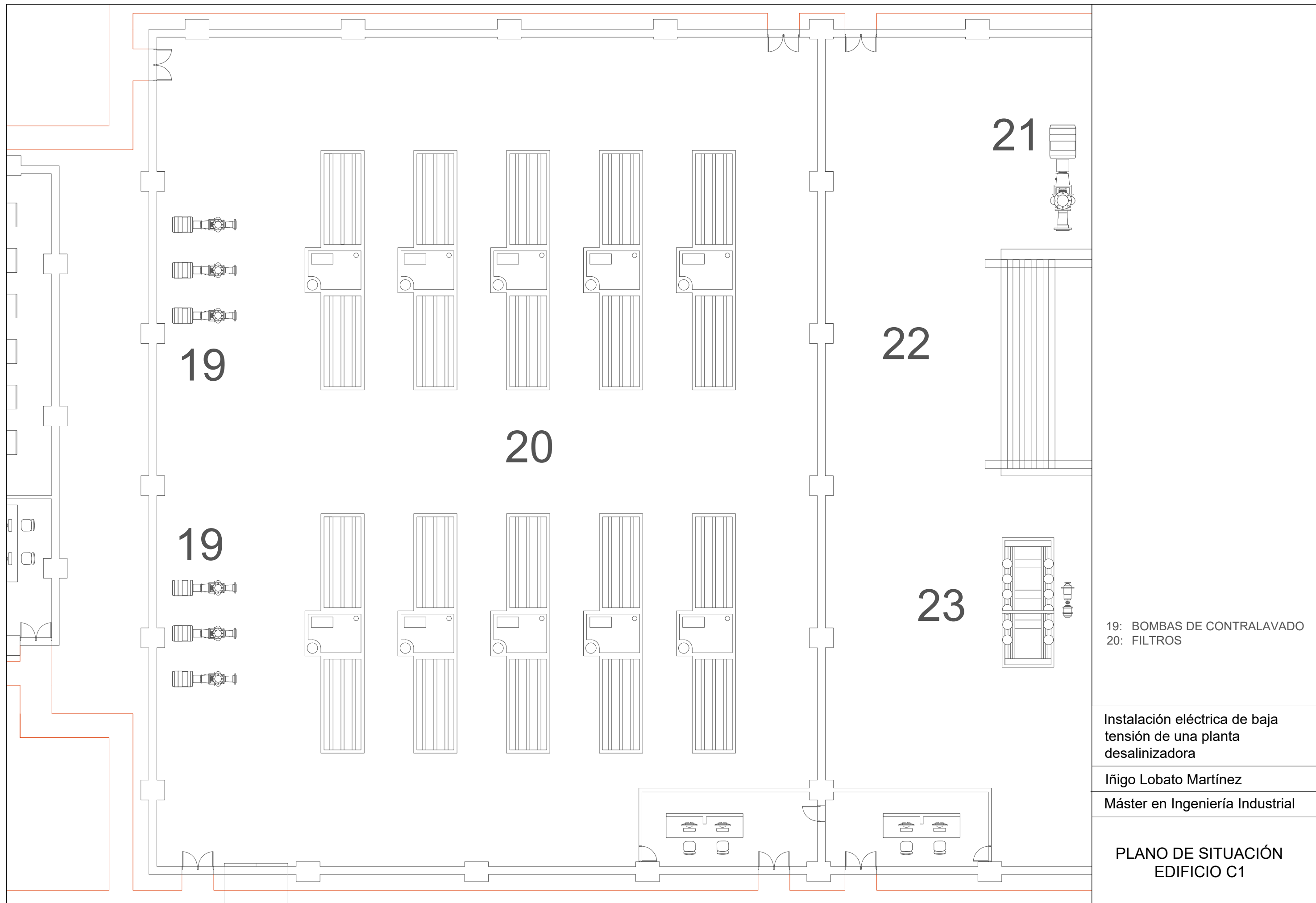
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE SITUACIÓN EDIFICIO A



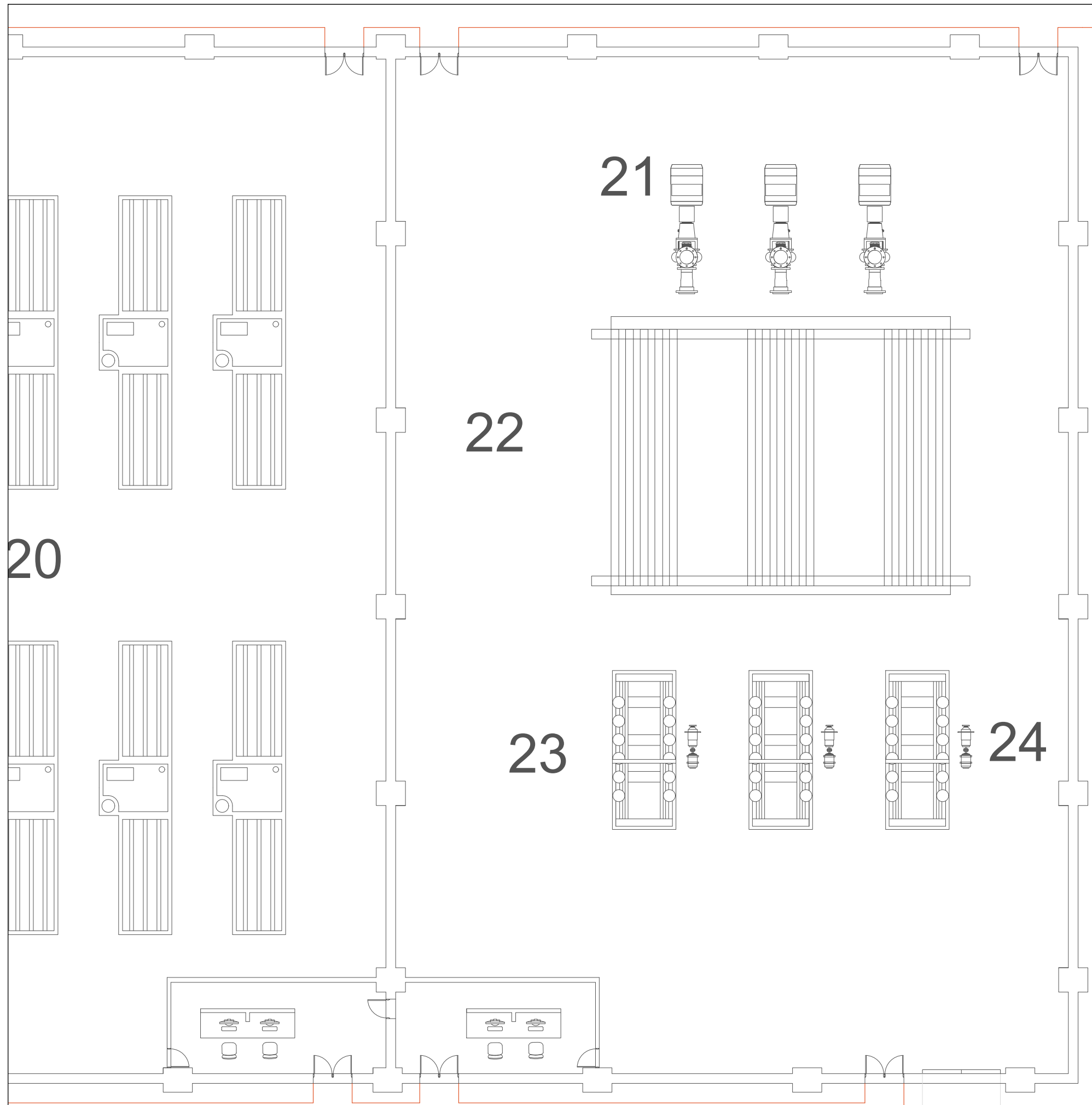


19: BOMBAS DE CONTRALAVADO  
 20: FILTROS

Instalación eléctrica de baja  
 tensión de una planta  
 desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez  
 Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE SITUACIÓN  
 EDIFICIO C1



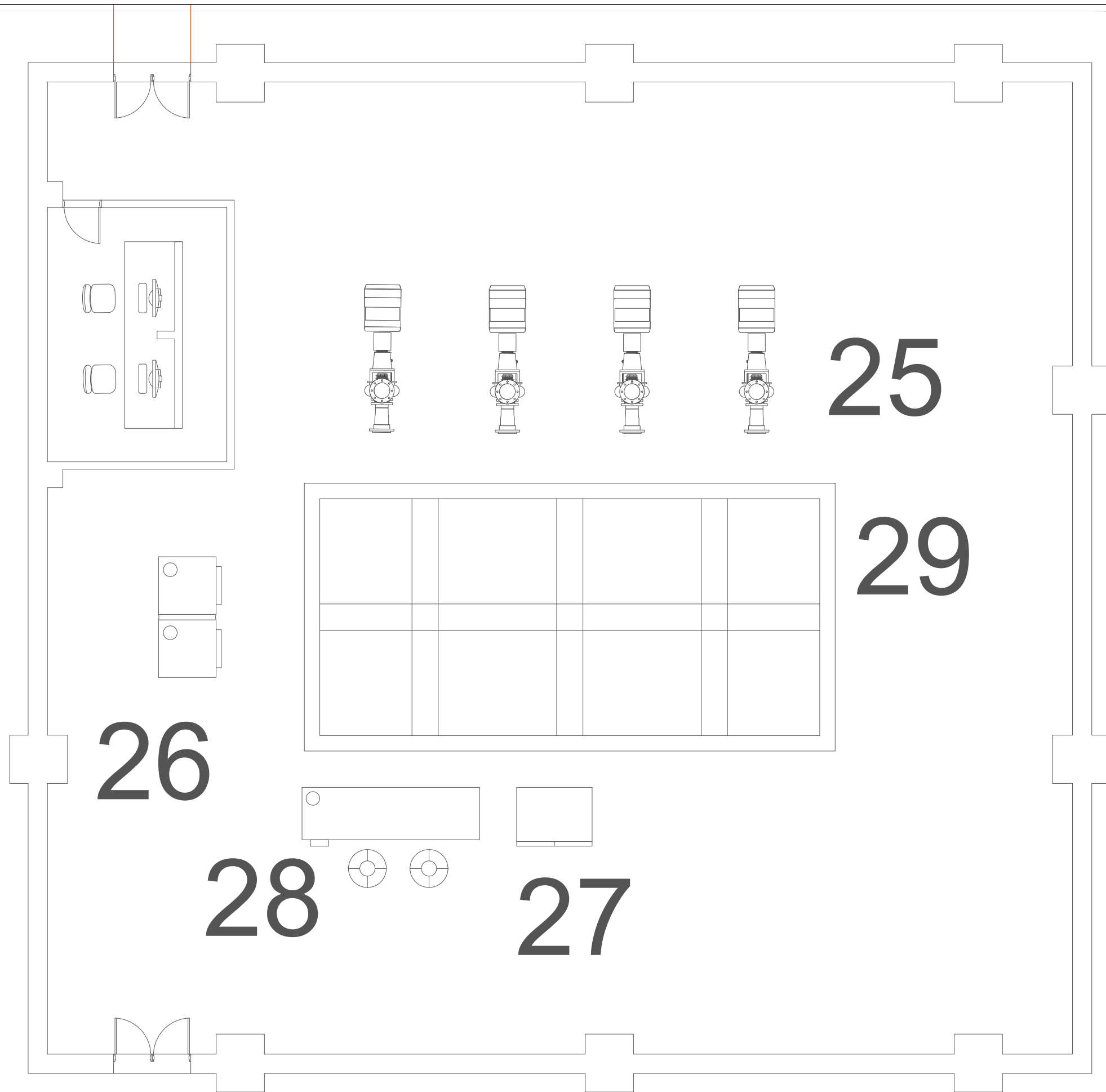
- 21: BOMBAS DE ALTA PRESIÓN
- 22: TREN DE OSMOSIS INVERSA
- 23: TREN DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA
- 24: BOMBAS DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE SITUACIÓN  
EDIFICIO C2



25

29

26

28

27

- 25: BOMBAS DE ALIMENTACIÓN AL FILTRO
- 26: VAPORIZADOR DE CO2
- 27: DOSIFICADOR DE NaOH
- 28: DOSIFICADOR DE ClO2
- 29: FILTRO DE CALIZA

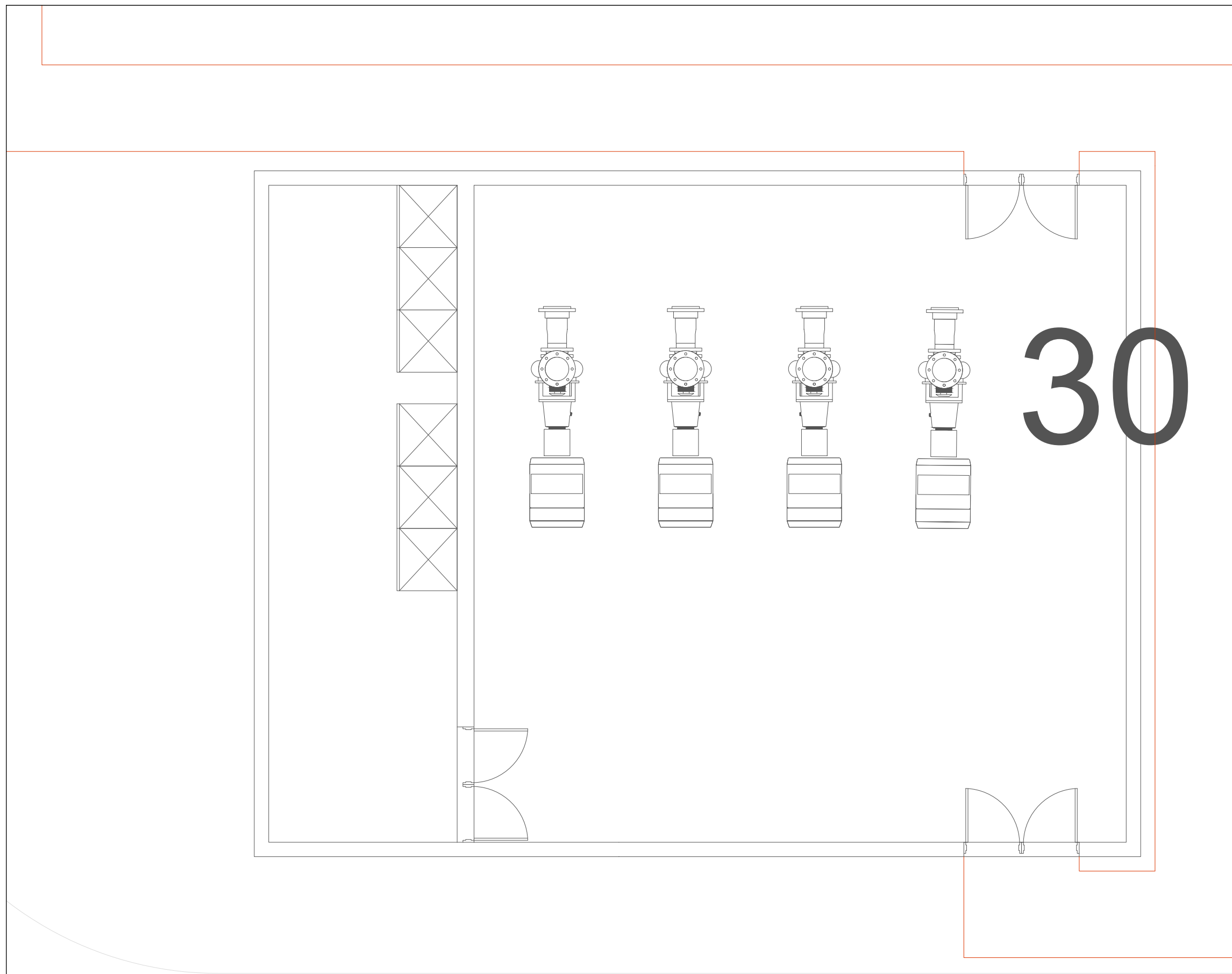
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE SITUACIÓN EDIFICIO D





30: BOMBAS DE ALMACENAMIENTO

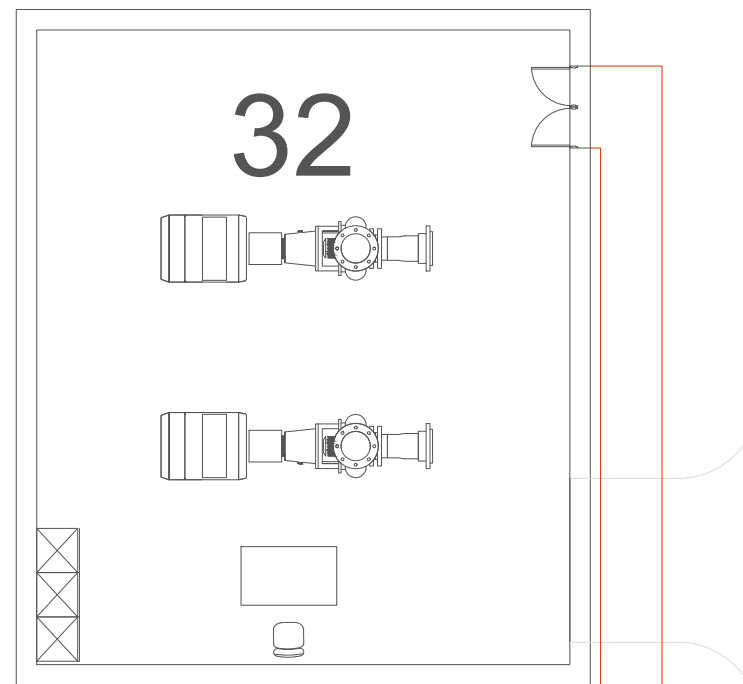
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE SITUACIÓN  
EDIFICIO E

31



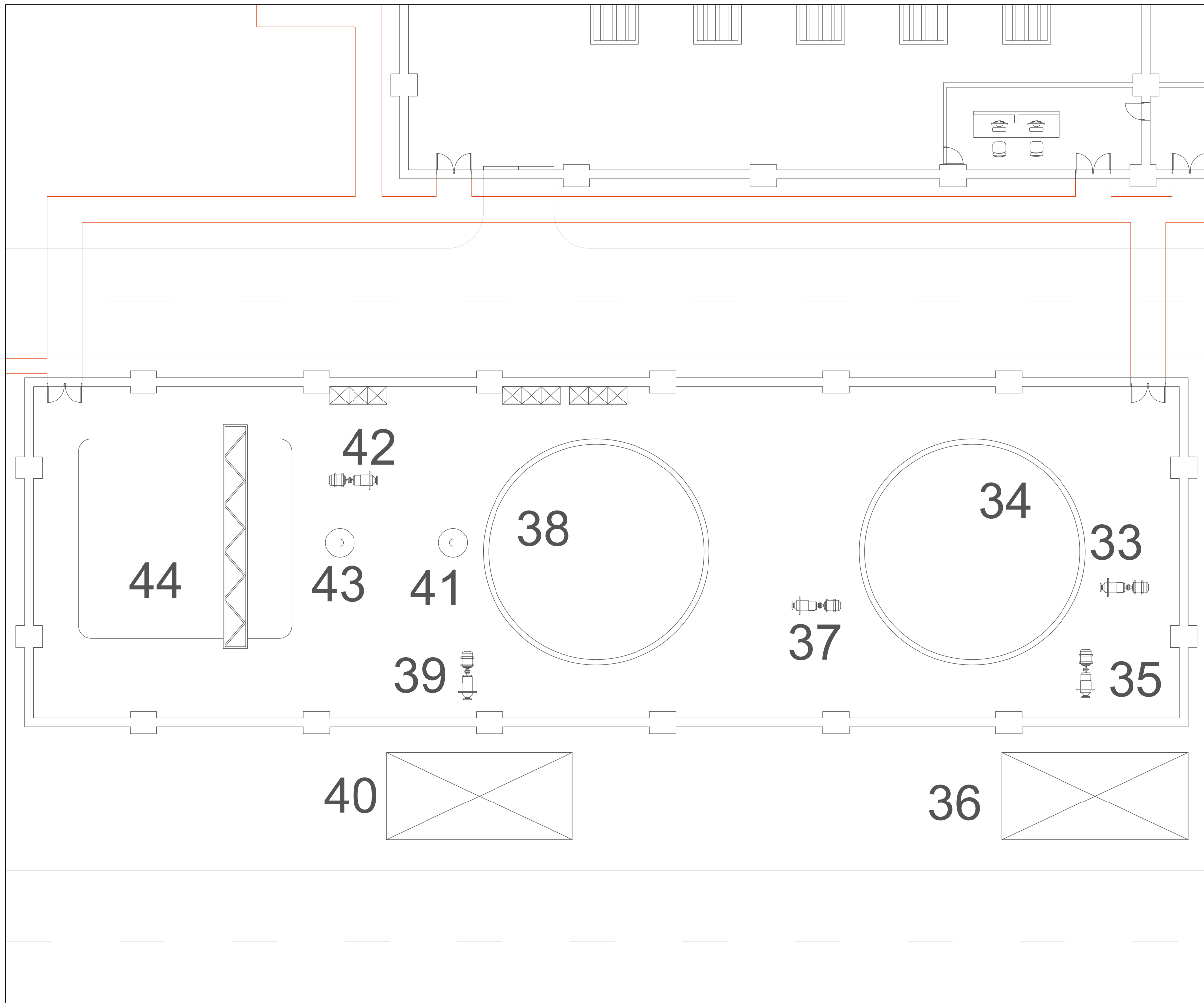
31: TANQUE DE AGUA POTABLE  
32: BOMBAS DE SUMINISTRO

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE SITUACIÓN  
EDIFICIO F



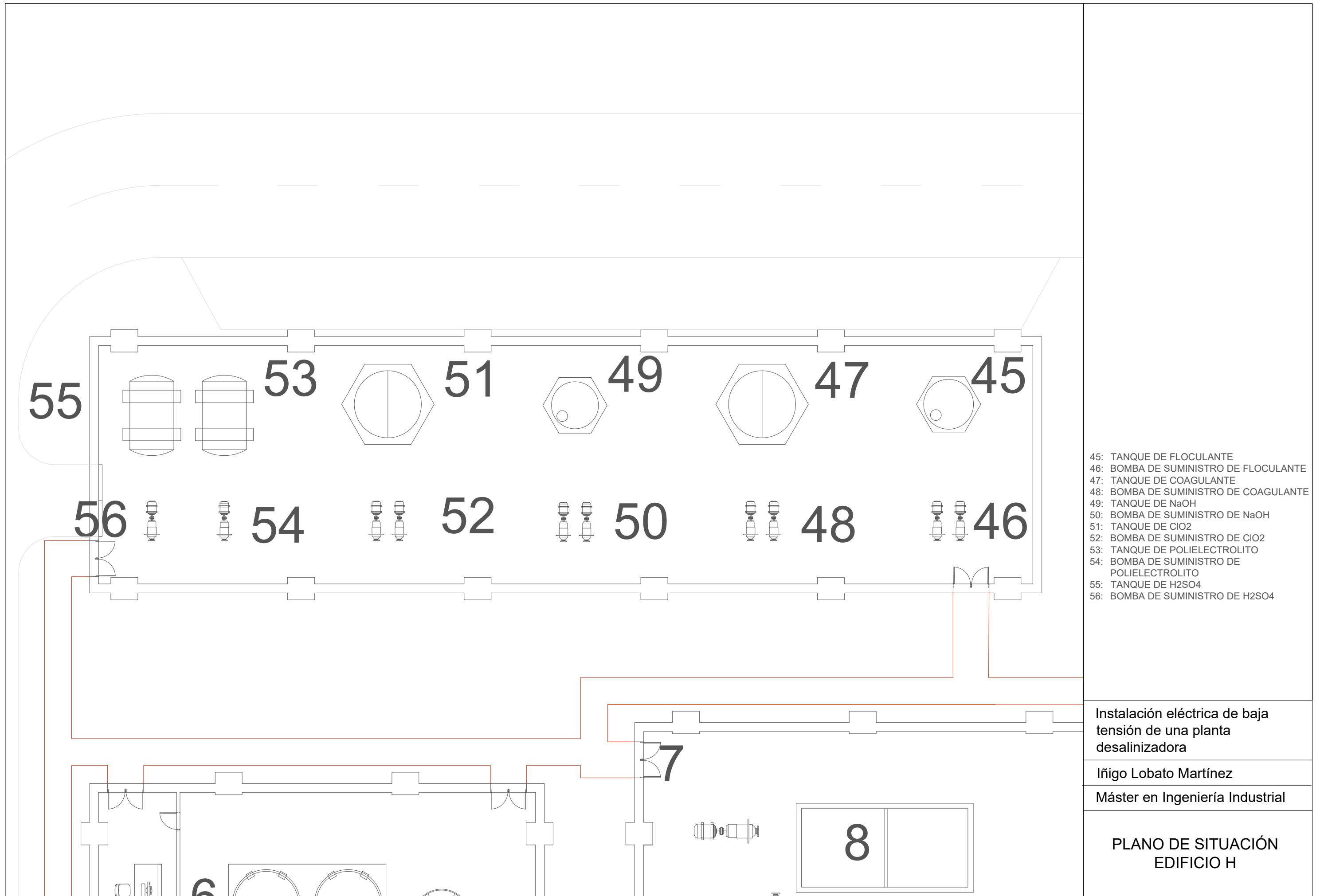
- 33: BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL DECANTADOR
- 34: DECANTADOR LAMINAR
- 35: BOMBA DE DESCARGA 1
- 36: DESAGÜE DE SALMUERA
- 37: BOMBA DE HOMOGENEIZACIÓN
- 38: TANQUE DE HOMOGENEIZACIÓN
- 39: BOMBA DE DESCARGA 2
- 40: DESAGÜE DE LODOS
- 41: DOSIFICADOR DE POLIELECTROLITO
- 42: BOMBA DE LODOS
- 43: DOSIFICADOR DE H2SO4
- 44: TANQUE DE NEUTRALIZACIÓN

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE SITUACIÓN EDIFICIO G**

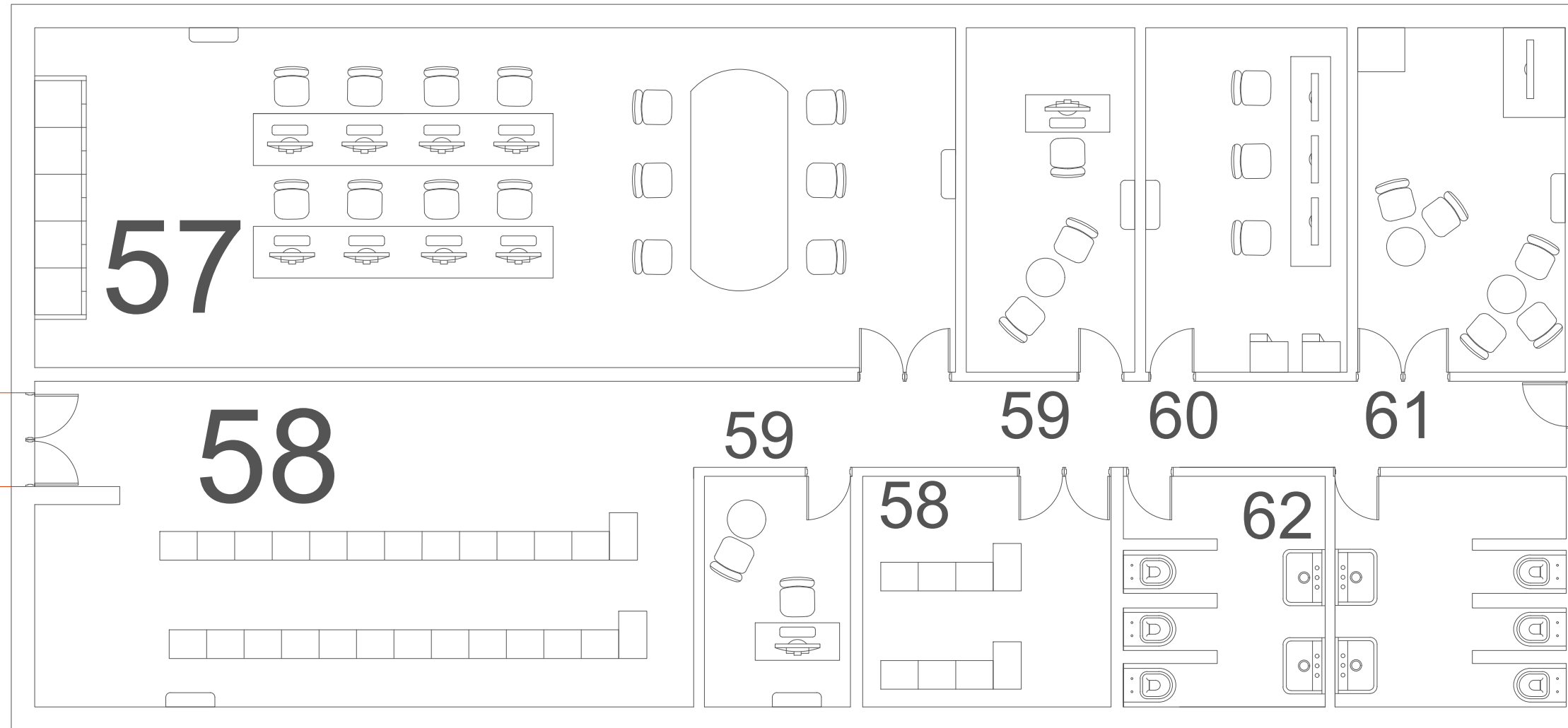


- 45: TANQUE DE FLOCULANTE
- 46: BOMBA DE SUMINISTRO DE FLOCULANTE
- 47: TANQUE DE COAGULANTE
- 48: BOMBA DE SUMINISTRO DE COAGULANTE
- 49: TANQUE DE NaOH
- 50: BOMBA DE SUMINISTRO DE NaOH
- 51: TANQUE DE ClO2
- 52: BOMBA DE SUMINISTRO DE ClO2
- 53: TANQUE DE POLIELECTROLITO
- 54: BOMBA DE SUMINISTRO DE POLIELECTROLITO
- 55: TANQUE DE H2SO4
- 56: BOMBA DE SUMINISTRO DE H2SO4

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez  
 Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE SITUACIÓN EDIFICIO H



- 57: SALA DE CONTROL
- 58: CUADROS DE CONTROL
- 59: DESPACHO
- 60: SALA DE VIGILANCIA
- 61: SALA DE DESCANSO
- 62: ASEOS

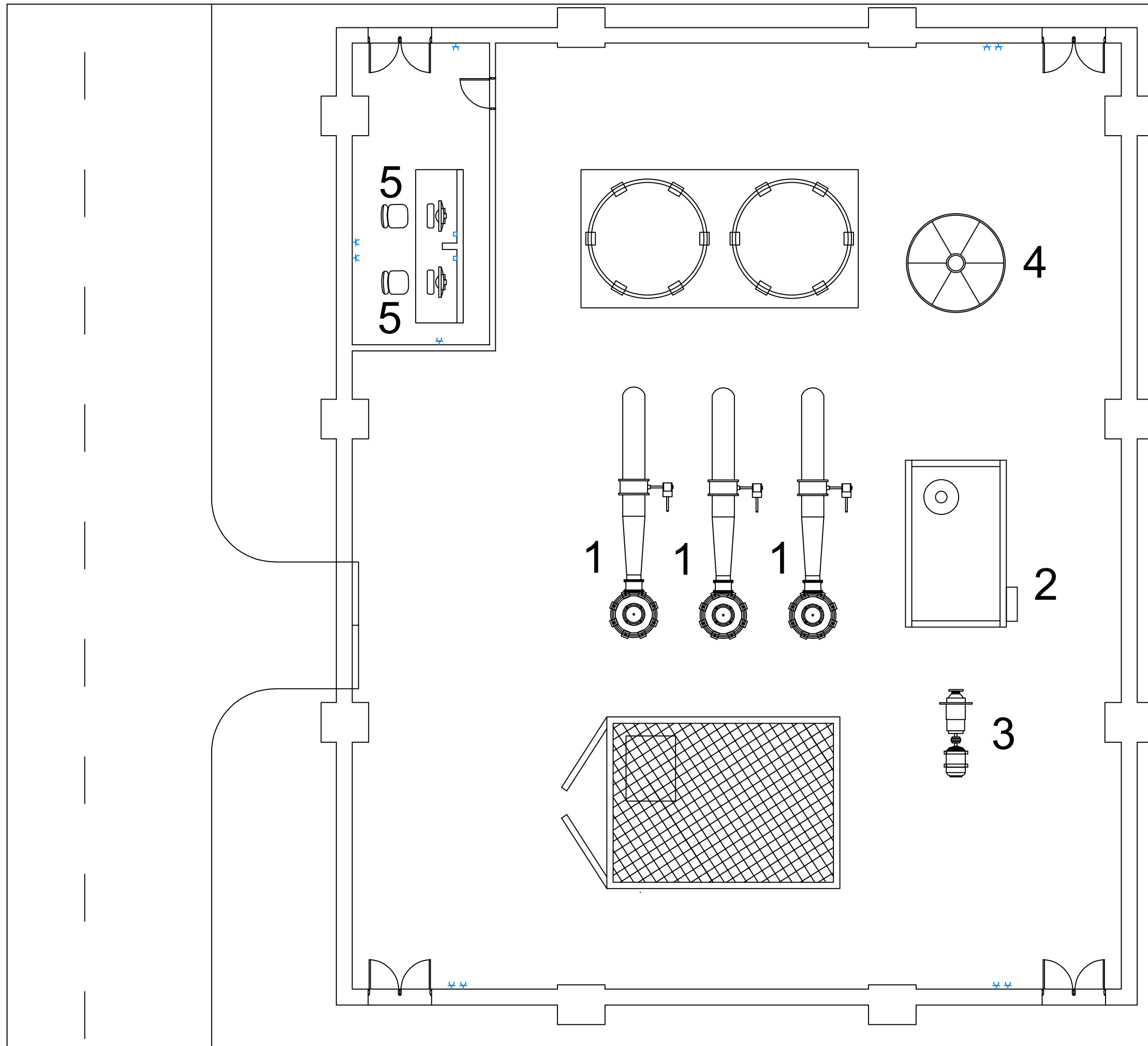
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez


Máster en Ingeniería Industrial


PLANO DE SITUACIÓN  
EDIFICIO I

## 2. PLANOS DE FUERZA



- 1 - Bomba de toma de agua
- 2 - Electrolizador
- 3 - Bomba de alimentación al electrolizador
- 4 - Dosificador de NaOCl
- 5 - Ordenador

 Toma de corriente monofásica de pared

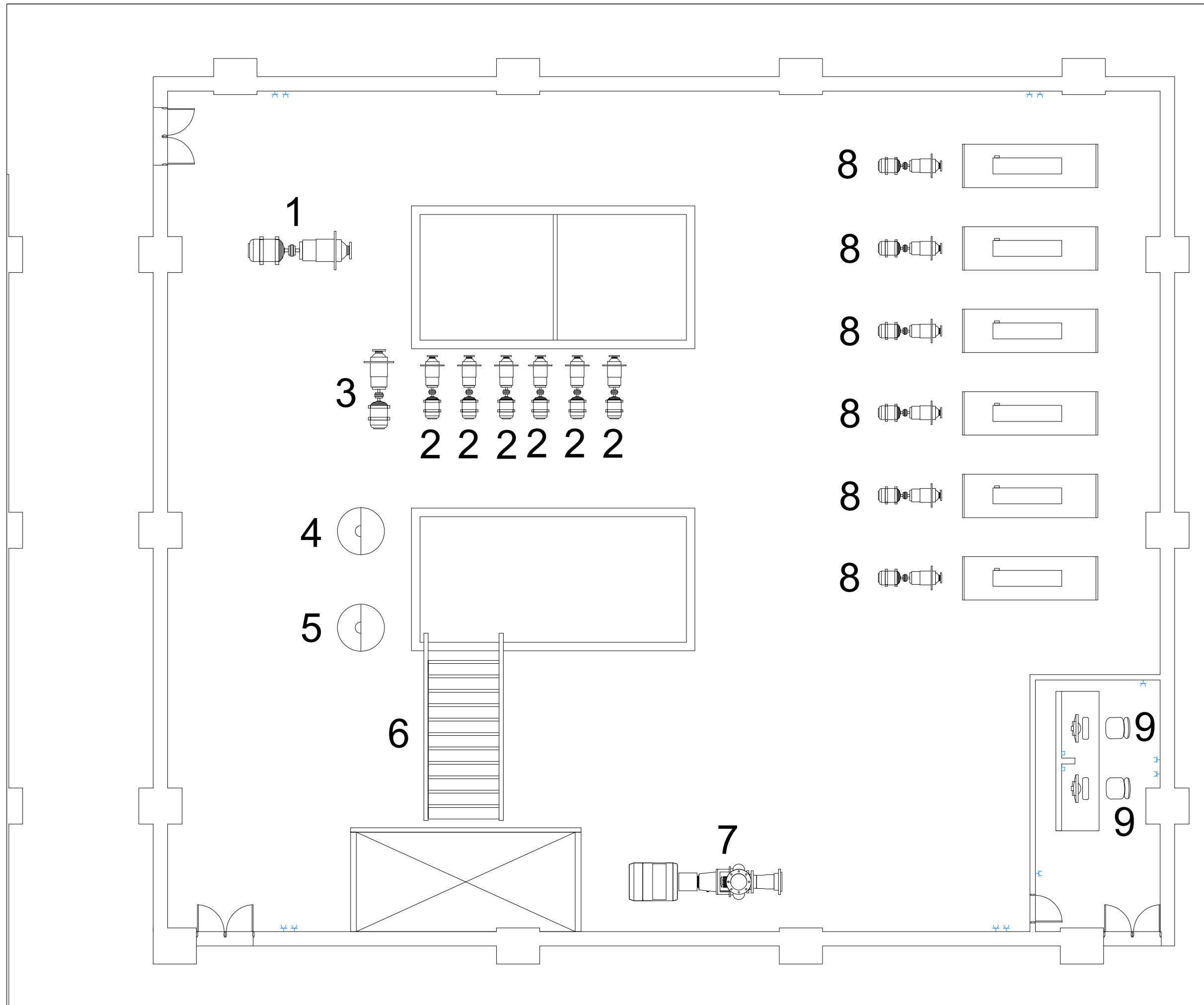
 Toma de corriente monofásica de mesa

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora



Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO A**



- 1 - Bomba de presurización
- 2 - Compresor
- 3 - Bomba de recirculación
- 4 - Dosificador de floculante
- 5 - Dosificador de coagulante
- 6 - Transportador de palas
- 7 - Bomba de neutralización
- 8 - Bomba de ultrafiltrado
- 9 - Ordenador

-  Toma de corriente monofásica de pared
-  Toma de corriente monofásica de mesa

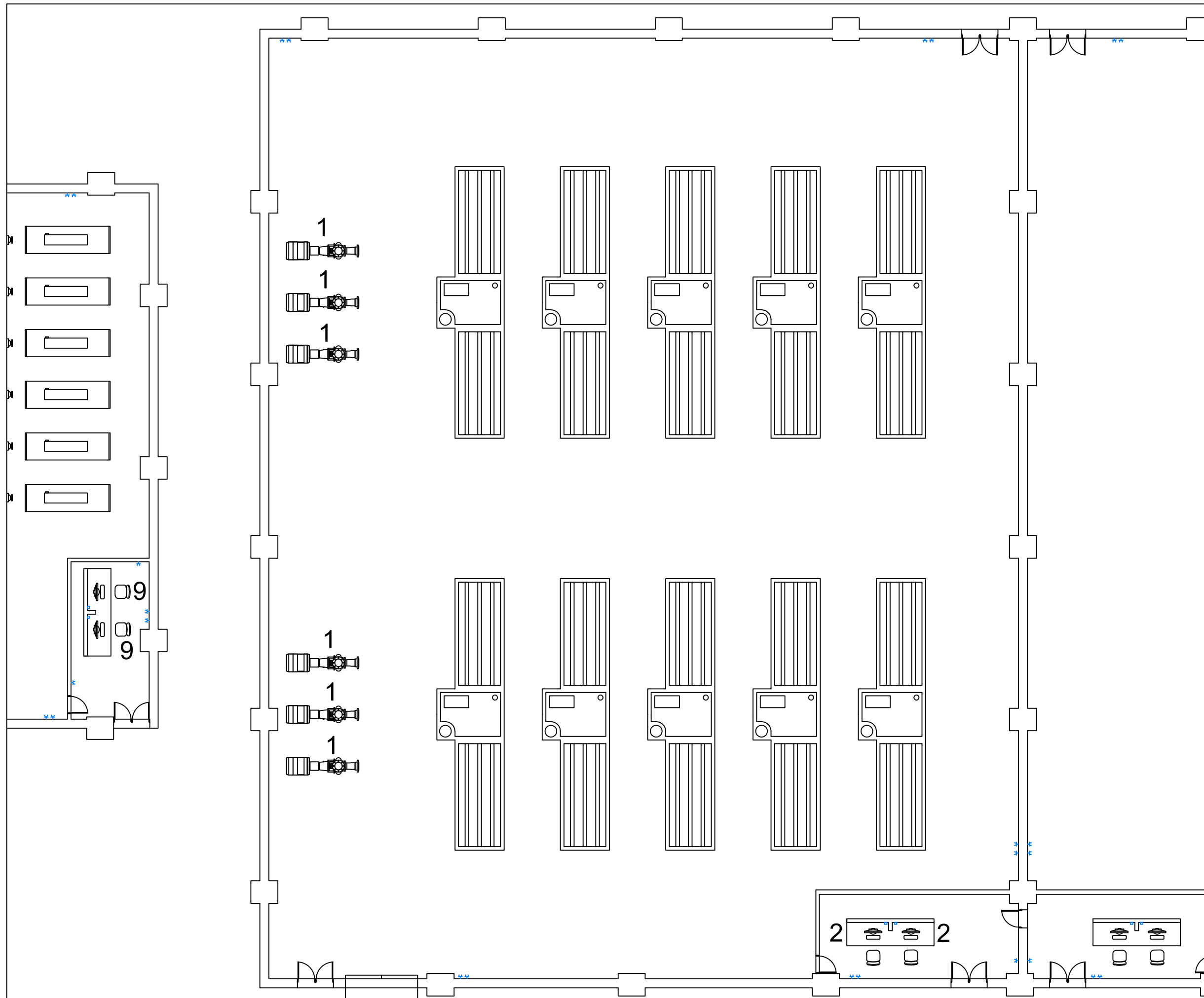
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora



Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO B**



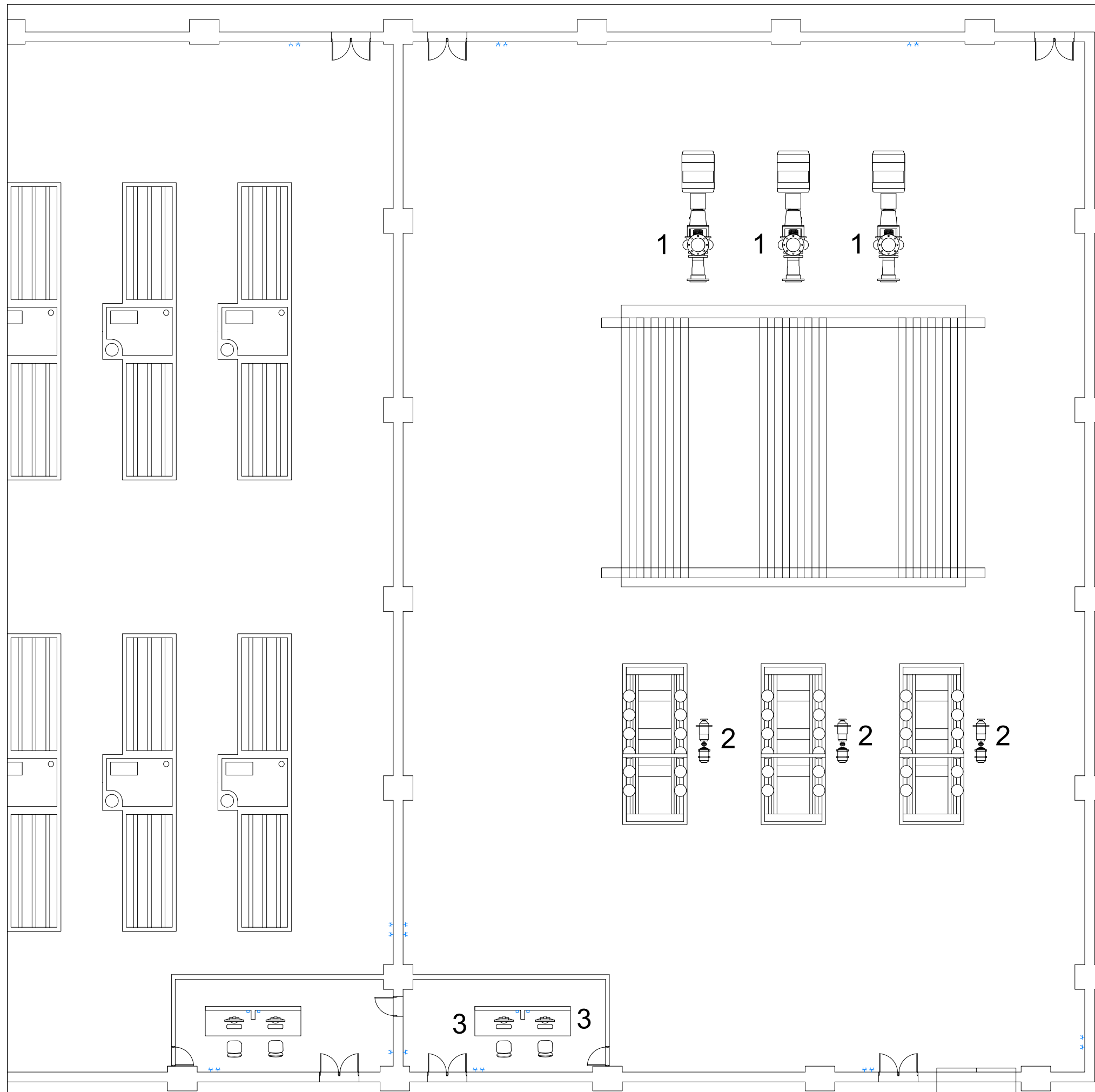


- 1 - Bomba de contralavado
- 2 - Ordenador
-  Toma de corriente monofásica de pared
-  Toma de corriente monofásica de mesa


Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora


Iñigo Lobato Martínez  
 Máster en Ingeniería Industrial

## PLANO DE FUERZA EDIFICIO C1



- 1 - Bomba de alta presión
- 2 - Bomba de recuperación de energía
- 3 - Ordenador

 Toma de corriente monofásica de pared

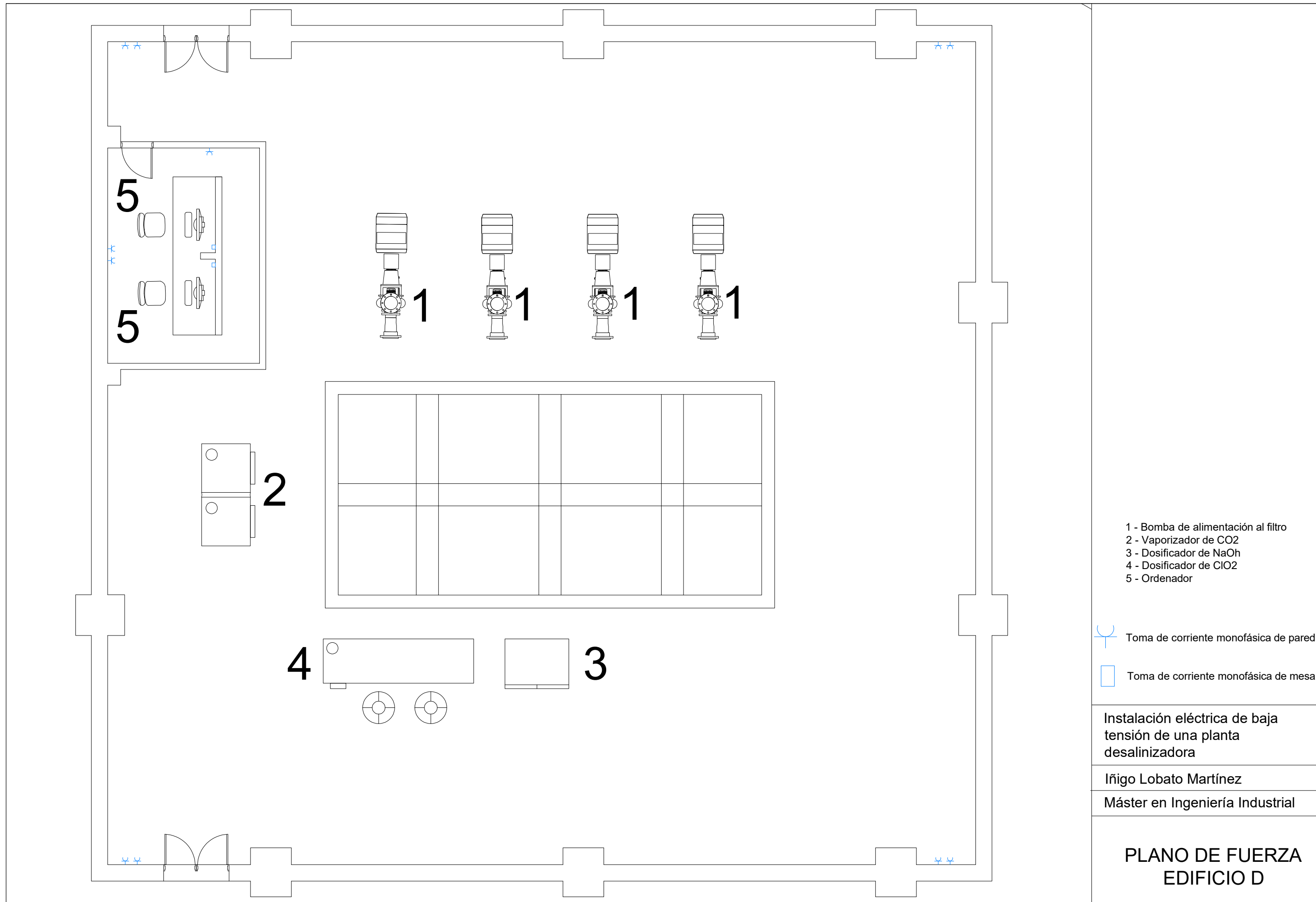
 Toma de corriente monofásica de mesa

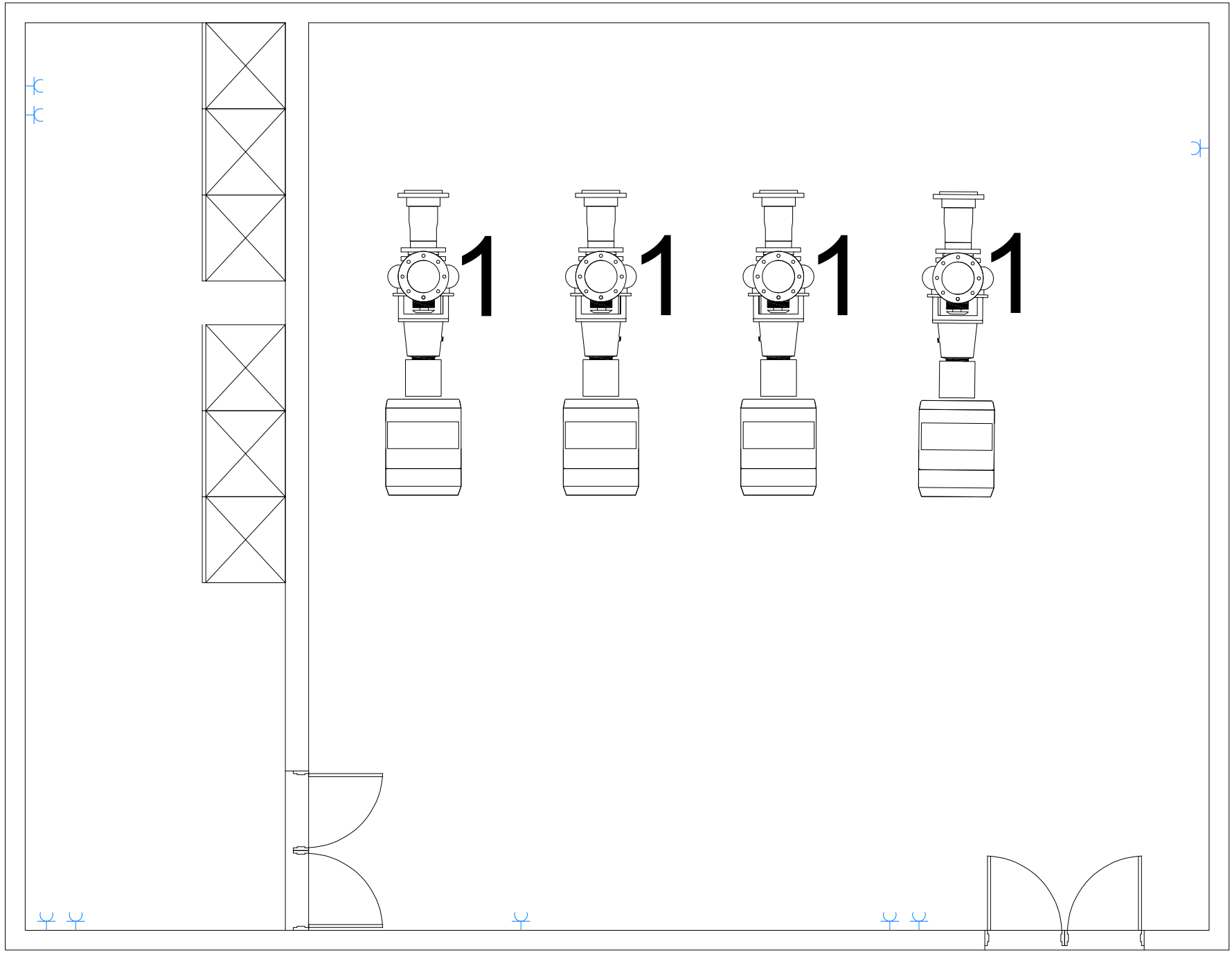
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez


Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO C2**





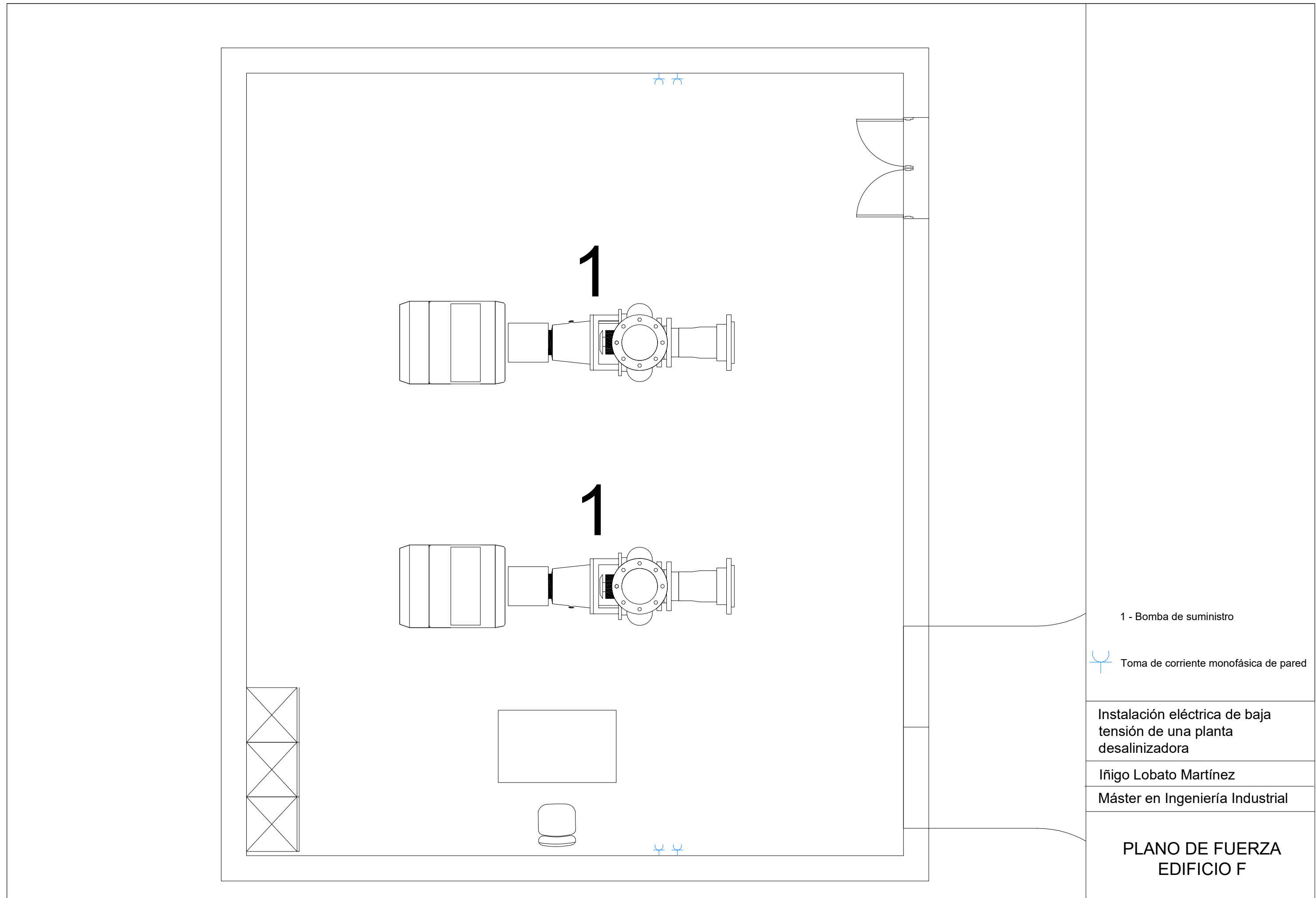
1 - Bomba de almacenamiento

 Toma de corriente monofásica de pared

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez  
Máster en Ingeniería Industrial


**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO E**



1

1

1 - Bomba de suministro

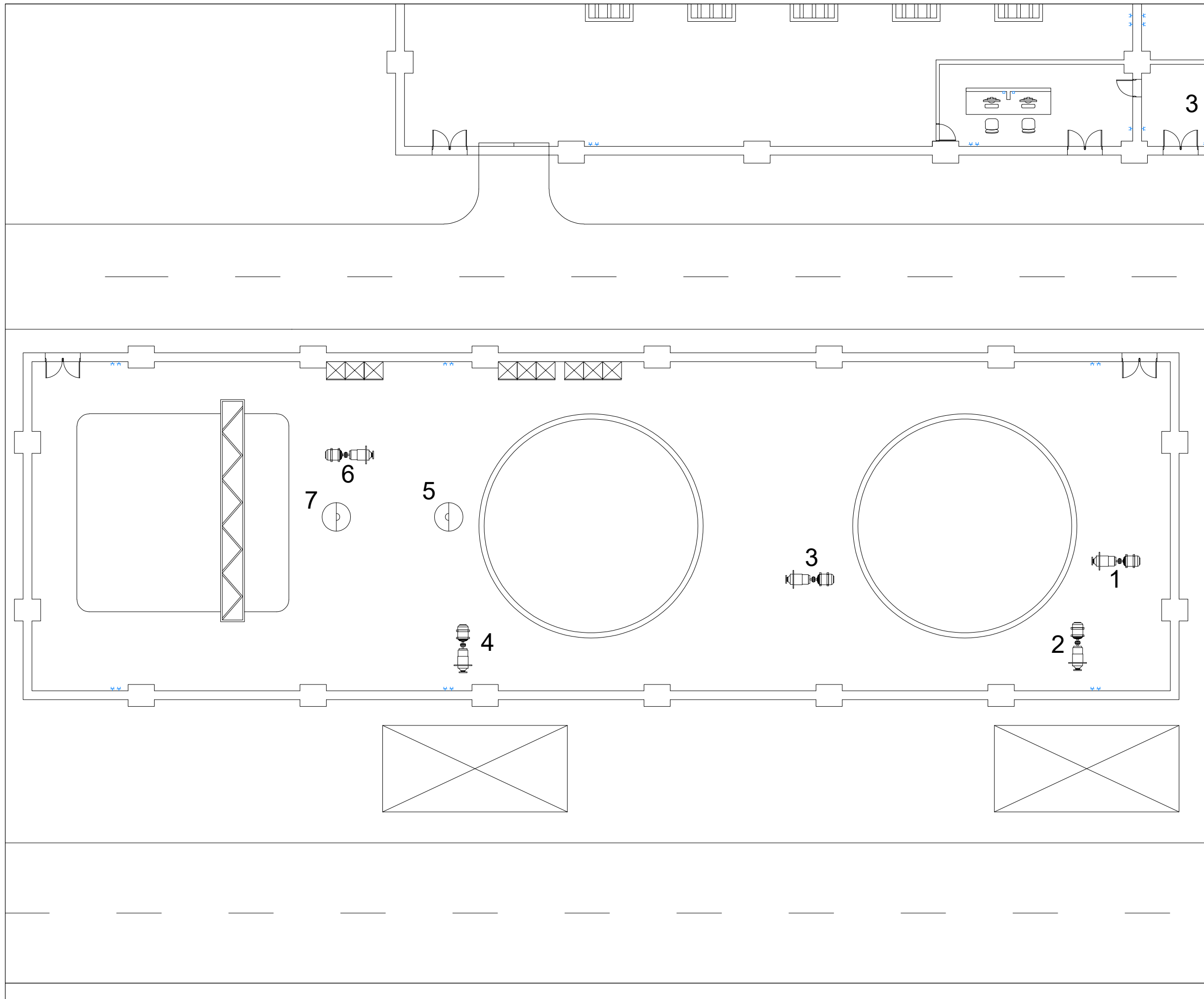
 Toma de corriente monofásica de pared

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora



Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO F**



- 1 - Bomba de alimentación al decantador
- 2 - Bomba de descarga 1
- 3 - Bomba de homogeneización
- 4 - Bomba de descarga 2
- 5 - Dosificador de polielectrolito
- 6 - Bomba de lodos
- 7 - Dosificador de H2SO4

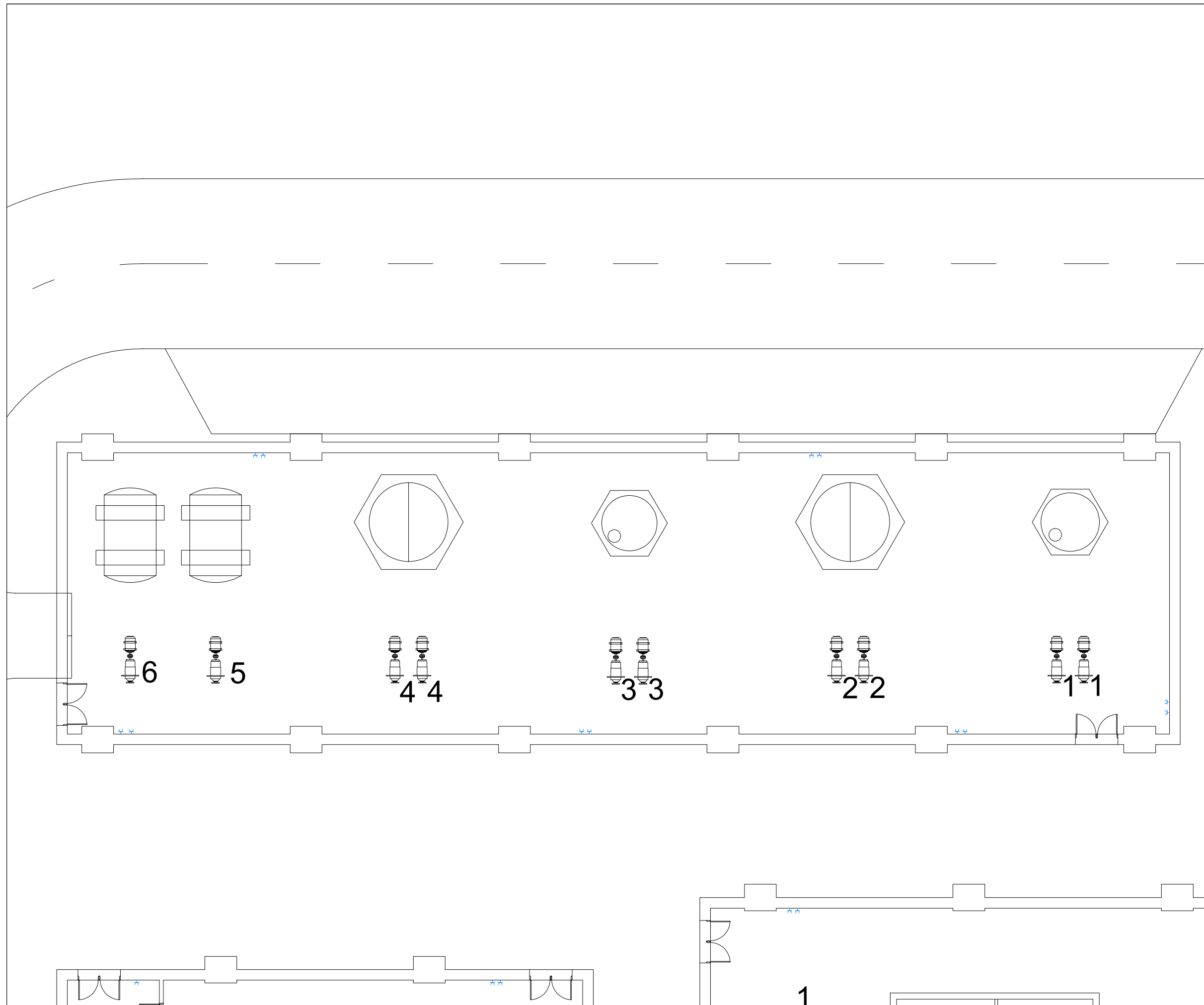
-  Toma de corriente monofásica de pared
-  Toma de corriente monofásica de mesa

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora


Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO G**



- 1 - Bomba de suministro de floculante
- 2 - Bomba de suministro de coagulante
- 3 - Bomba de suministro de NaOH
- 4 - Bomba de suministro de ClO2
- 5 - Bomba de suministro de polielectrolito
- 6 - Bomba de suministro de H2SO4

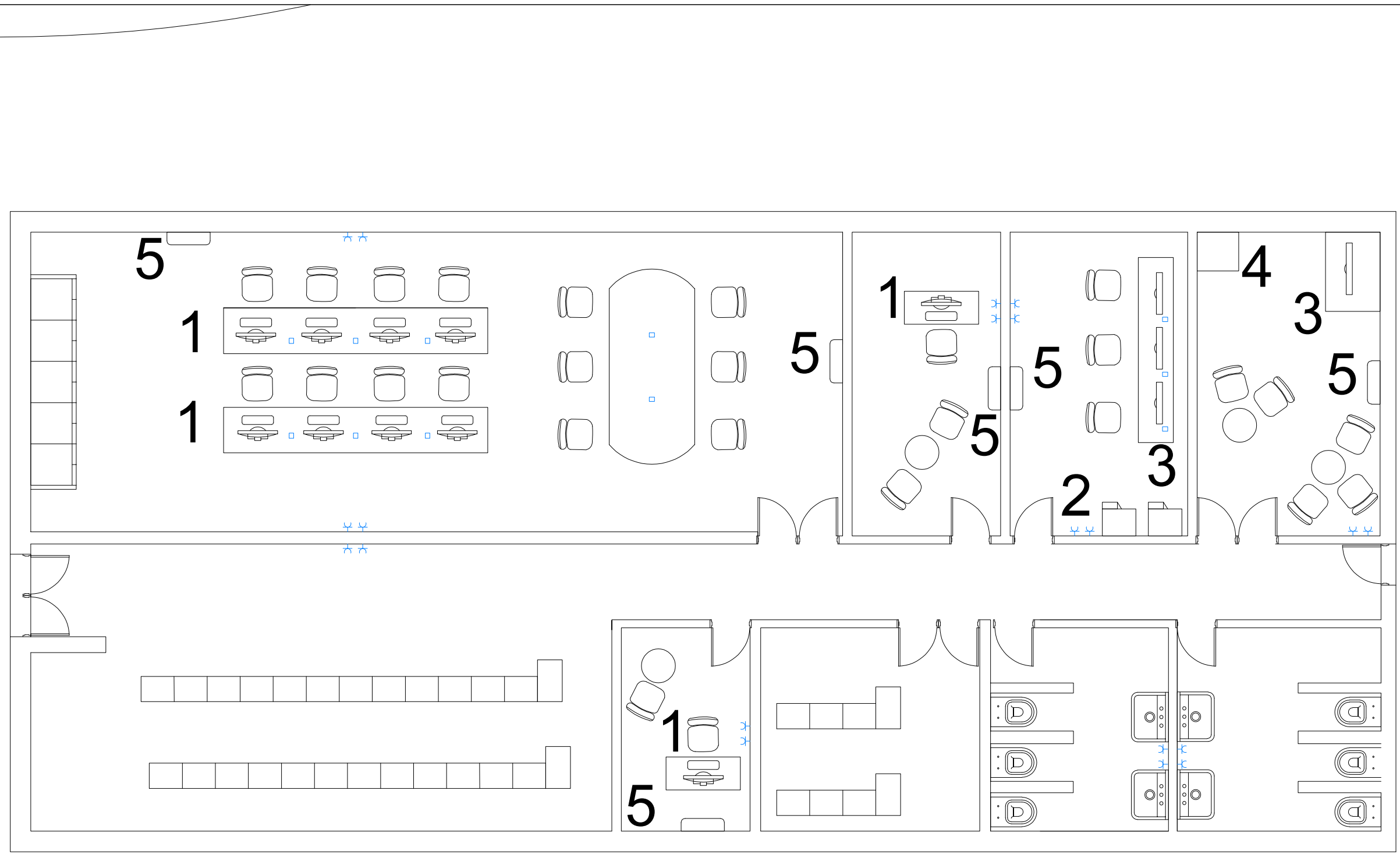
 Toma de corriente monofásica de pared

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

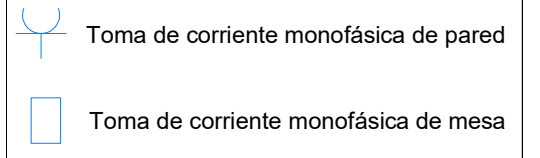
Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO H**



- 1 - Ordenador
- 2 - Impresora
- 3 - Televisor
- 4 - Máquina expendedora
- 5 - Aire acondicionado



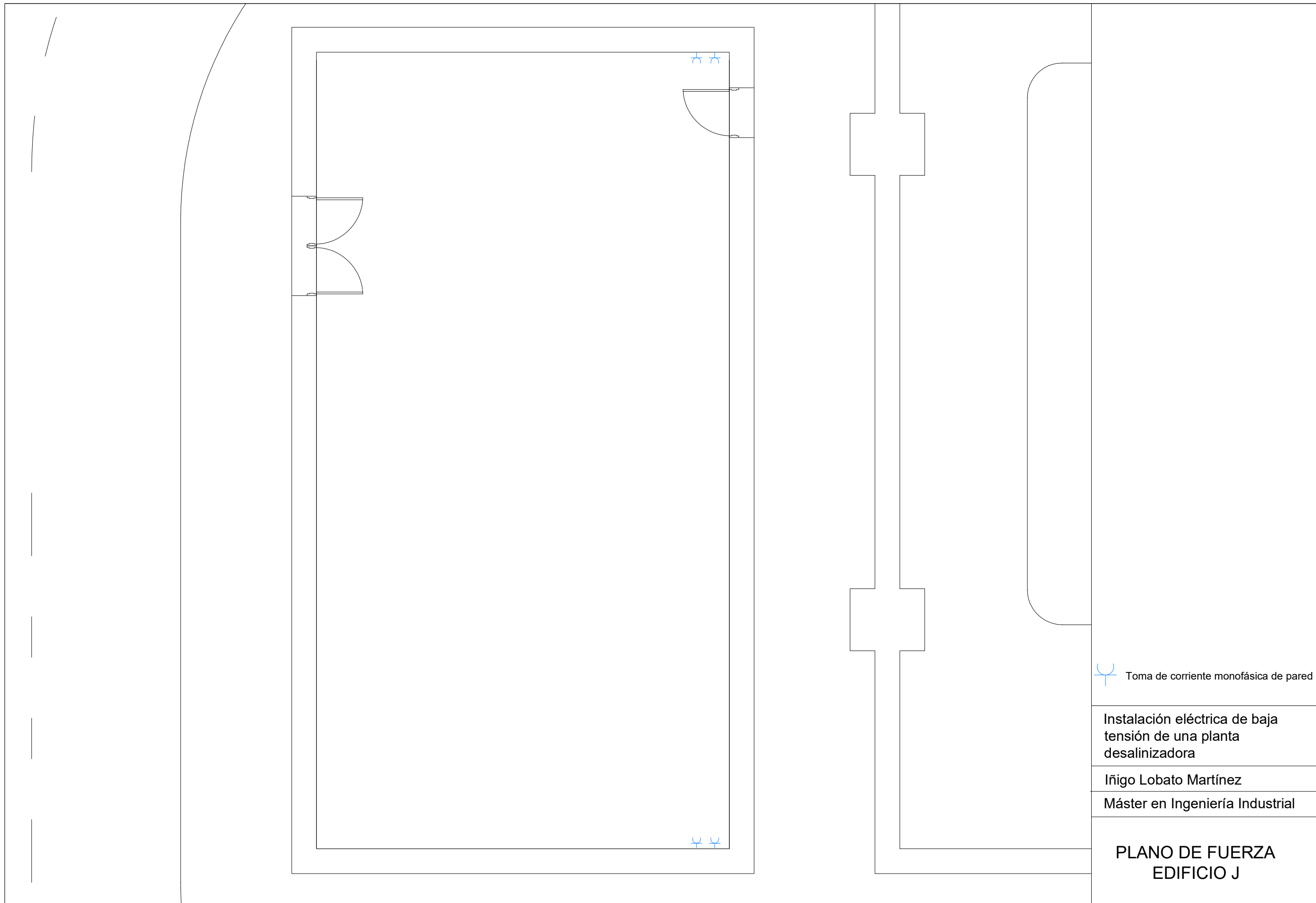
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

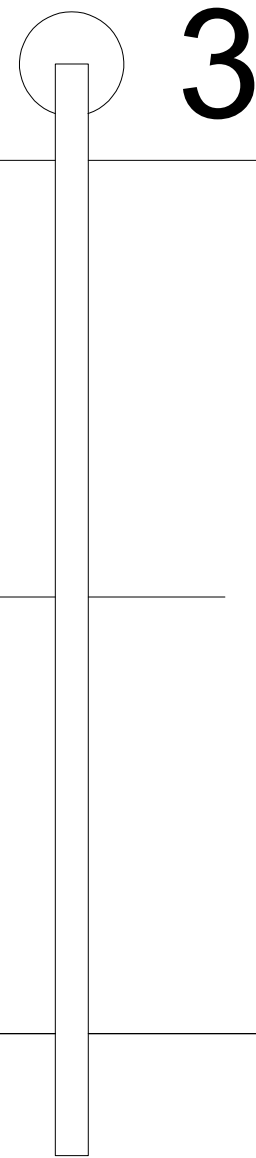
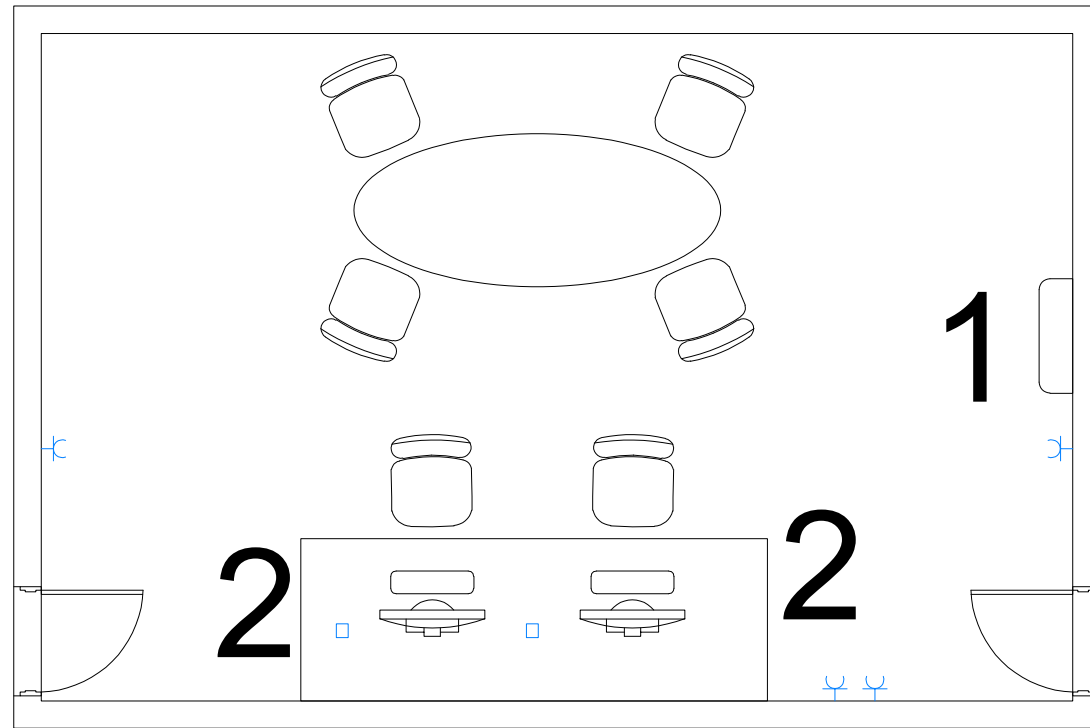
Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial


**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO I**








- 1 - Aire acondicionado
- 2 - Ordenador
- 3 - Barrera

 Toma de corriente monofásica de pared

 Toma de corriente monofásica de mesa

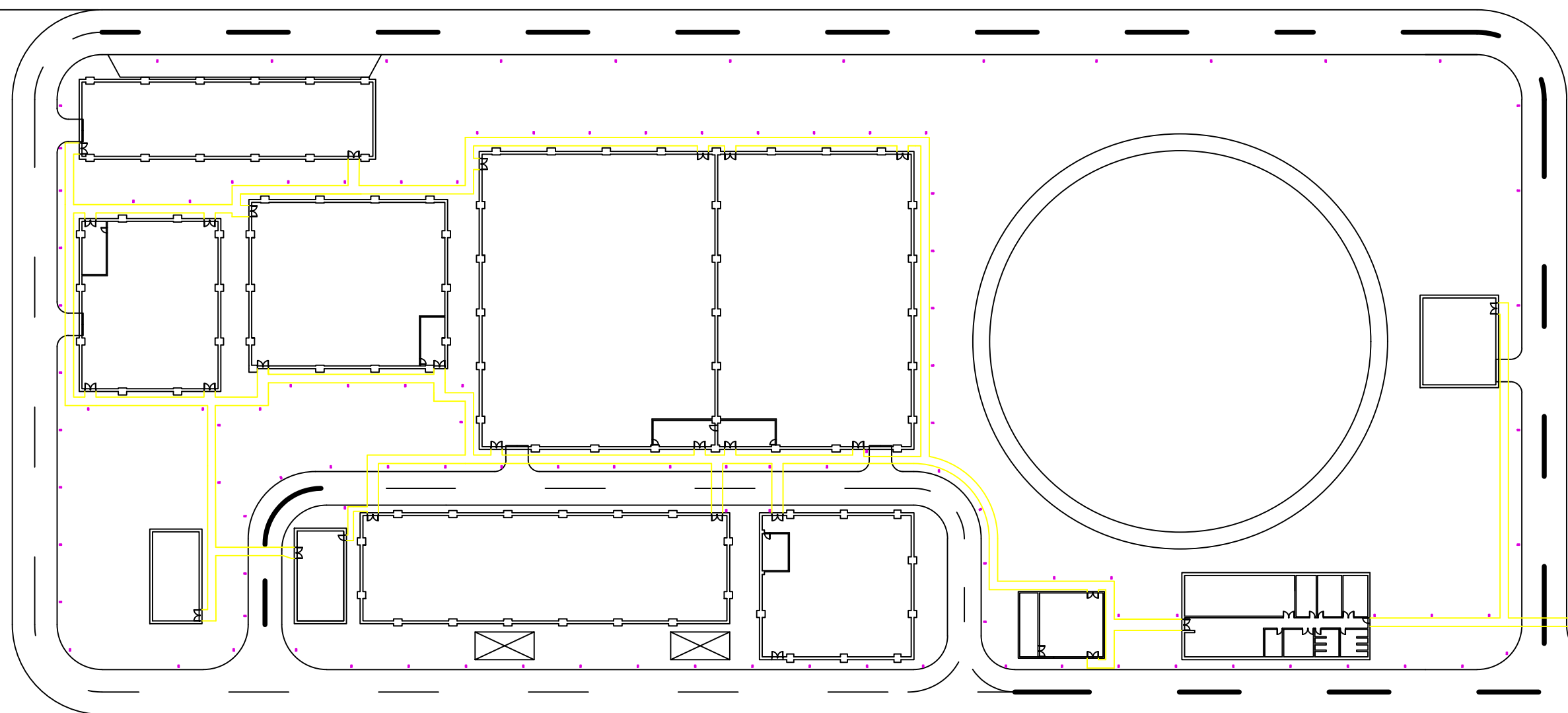
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE FUERZA  
EDIFICIO K**

### 3. PLANOS DE ILUMINACIÓN

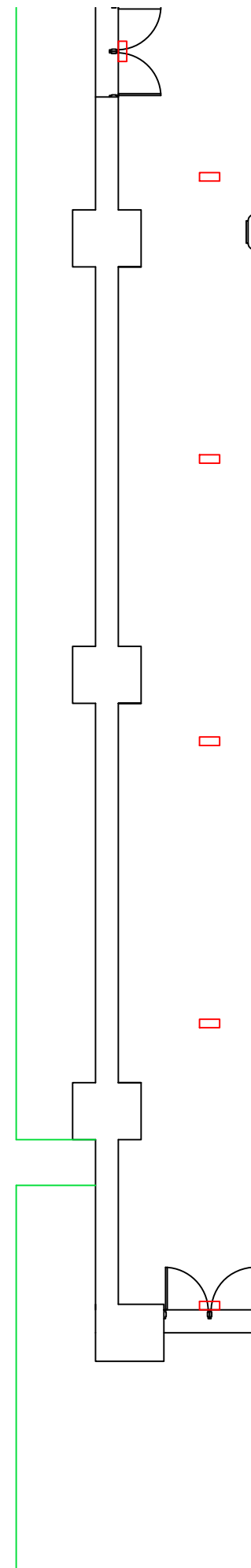
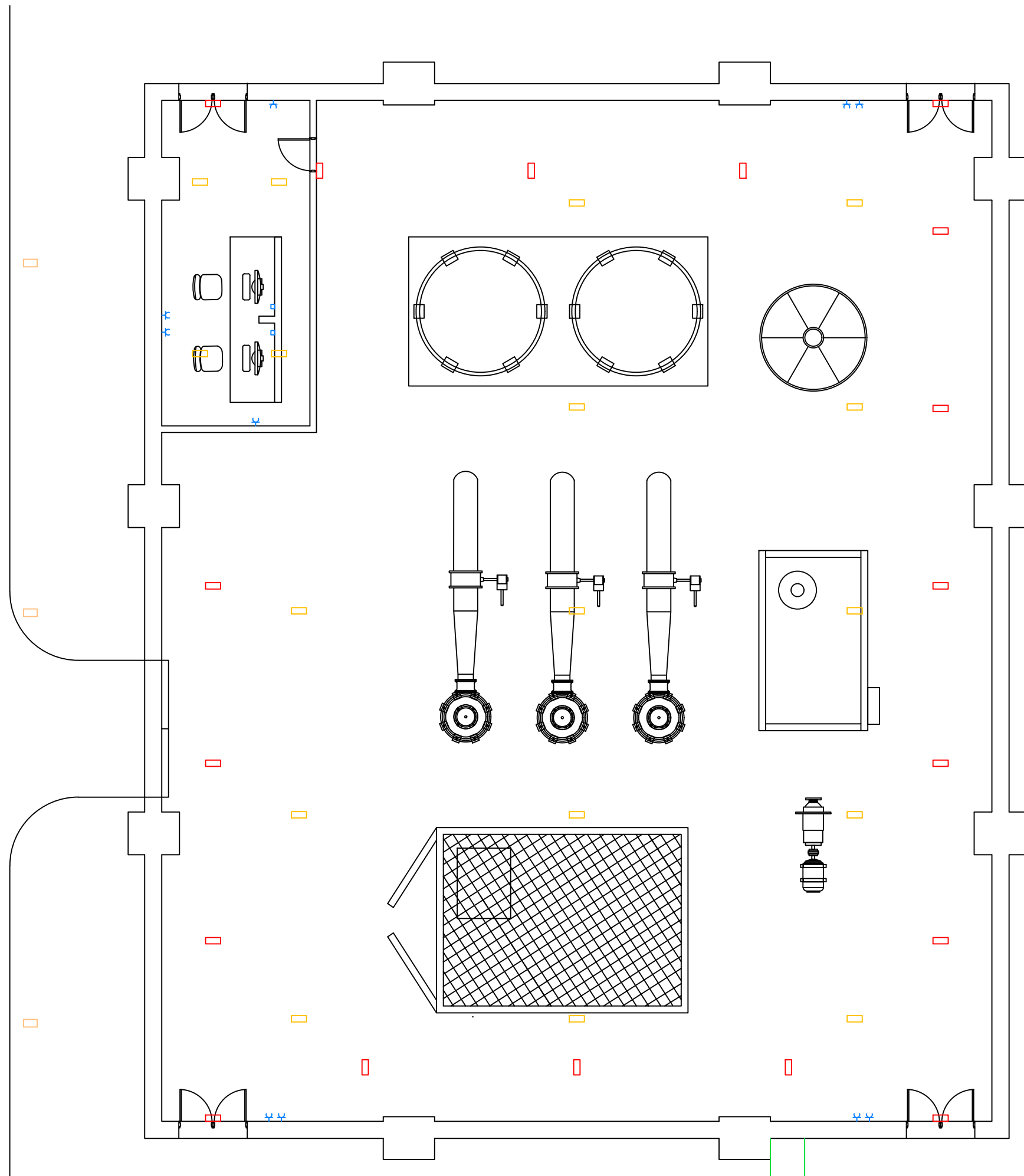


□ Luminaria exterior

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez  
Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE LUMINARIAS  
EXTERIORES



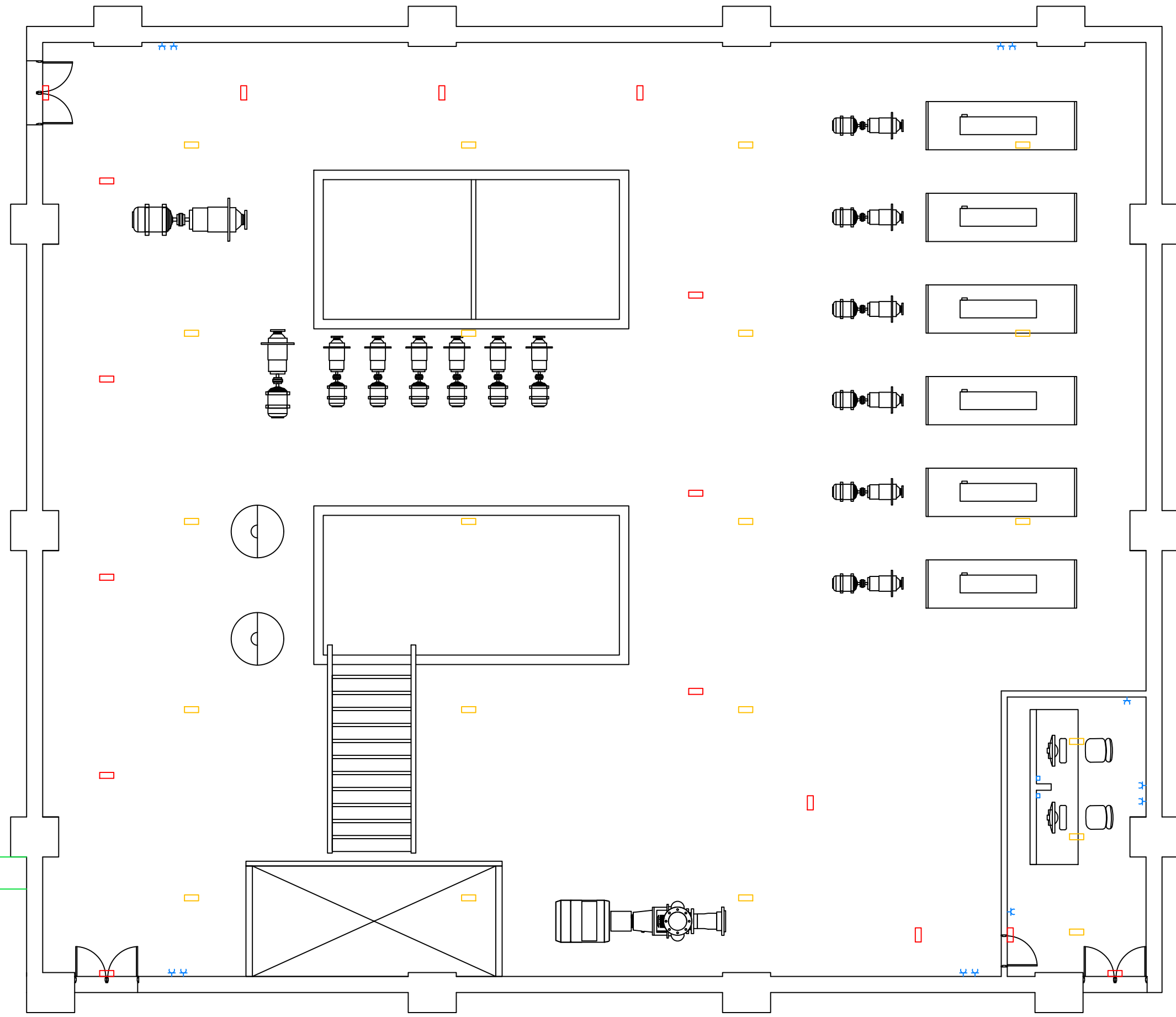
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO A**



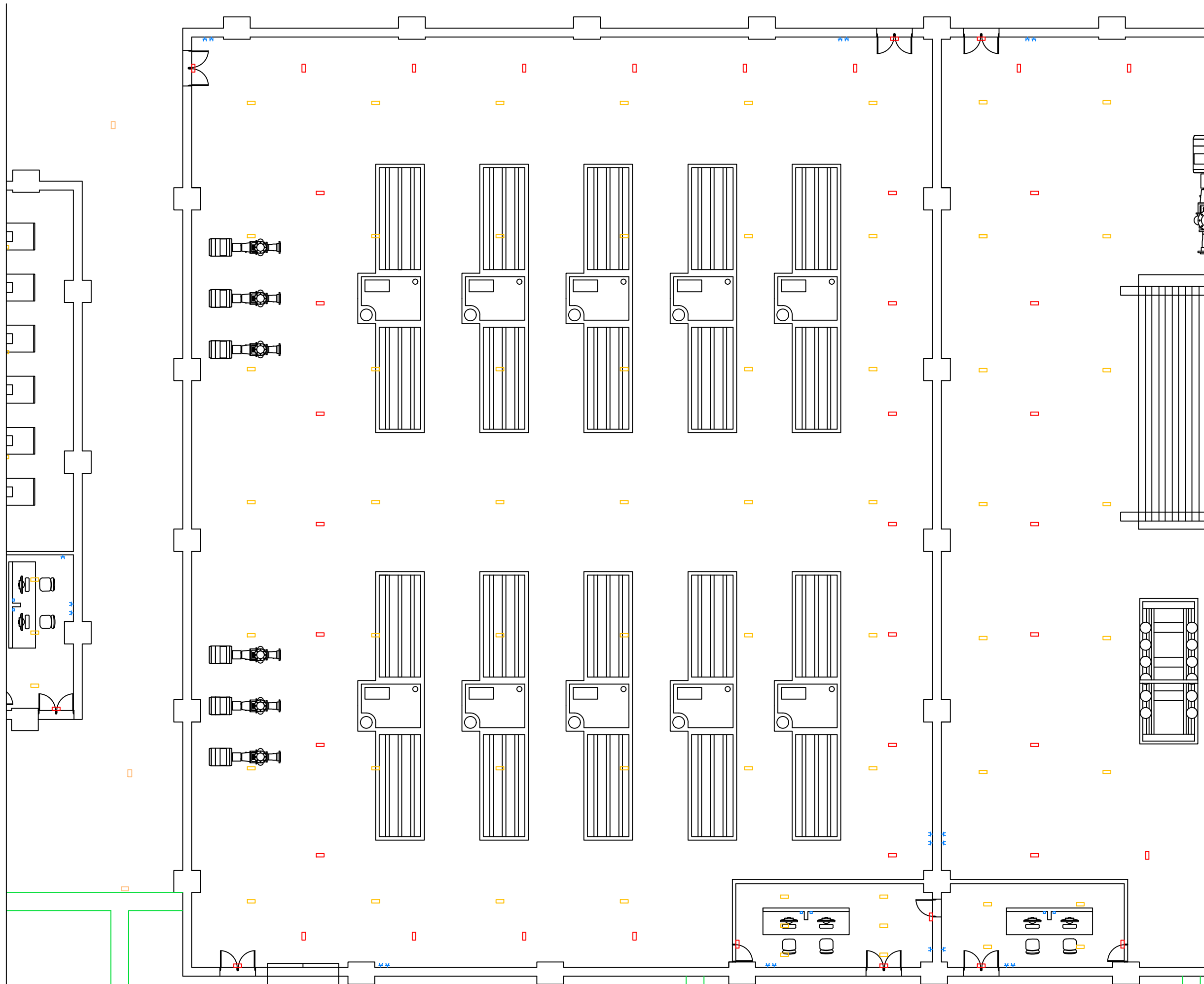
- ▭ Luminaria de emergencia
- ▭ Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS EDIFICIO B**



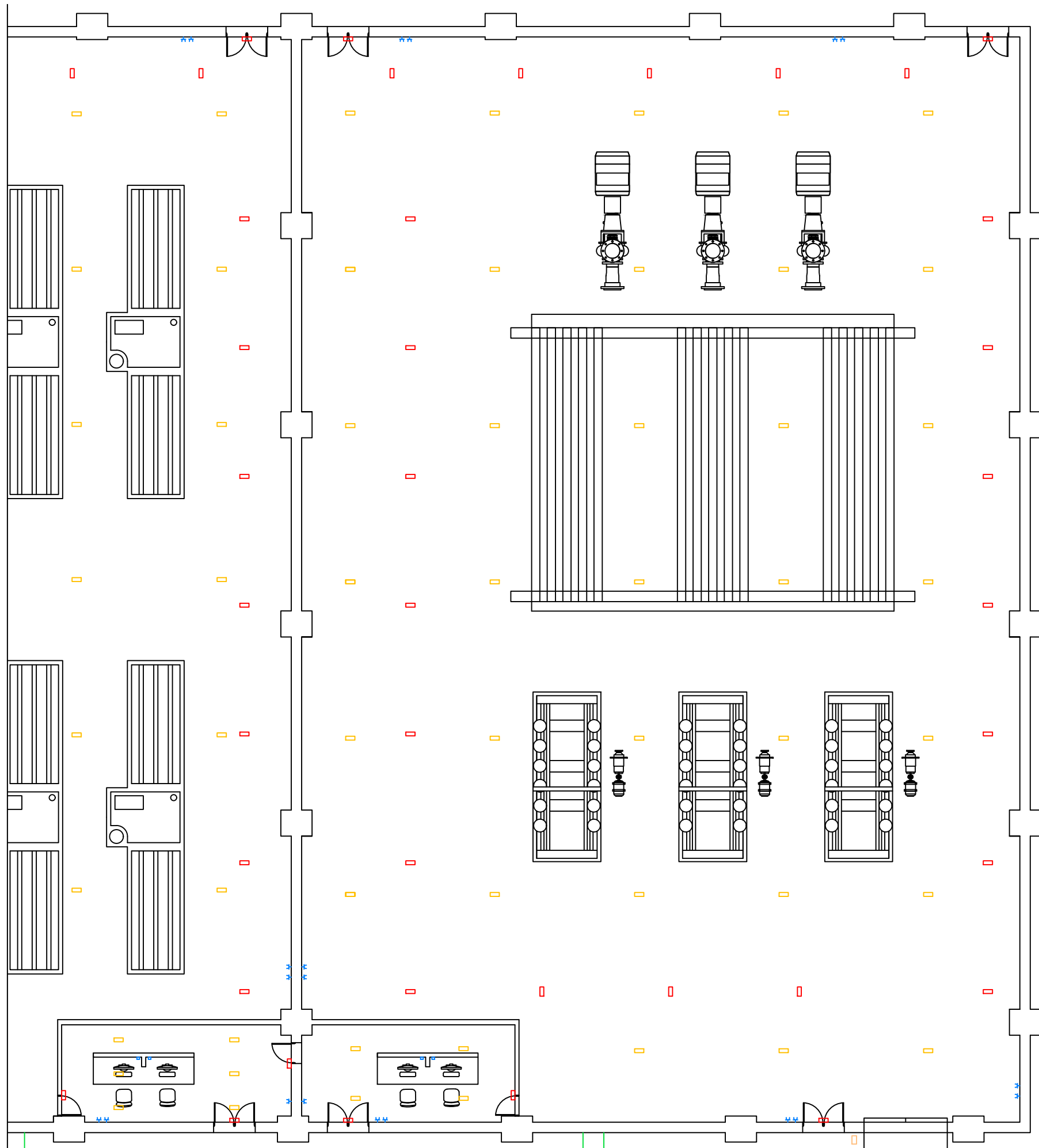
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO C1**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

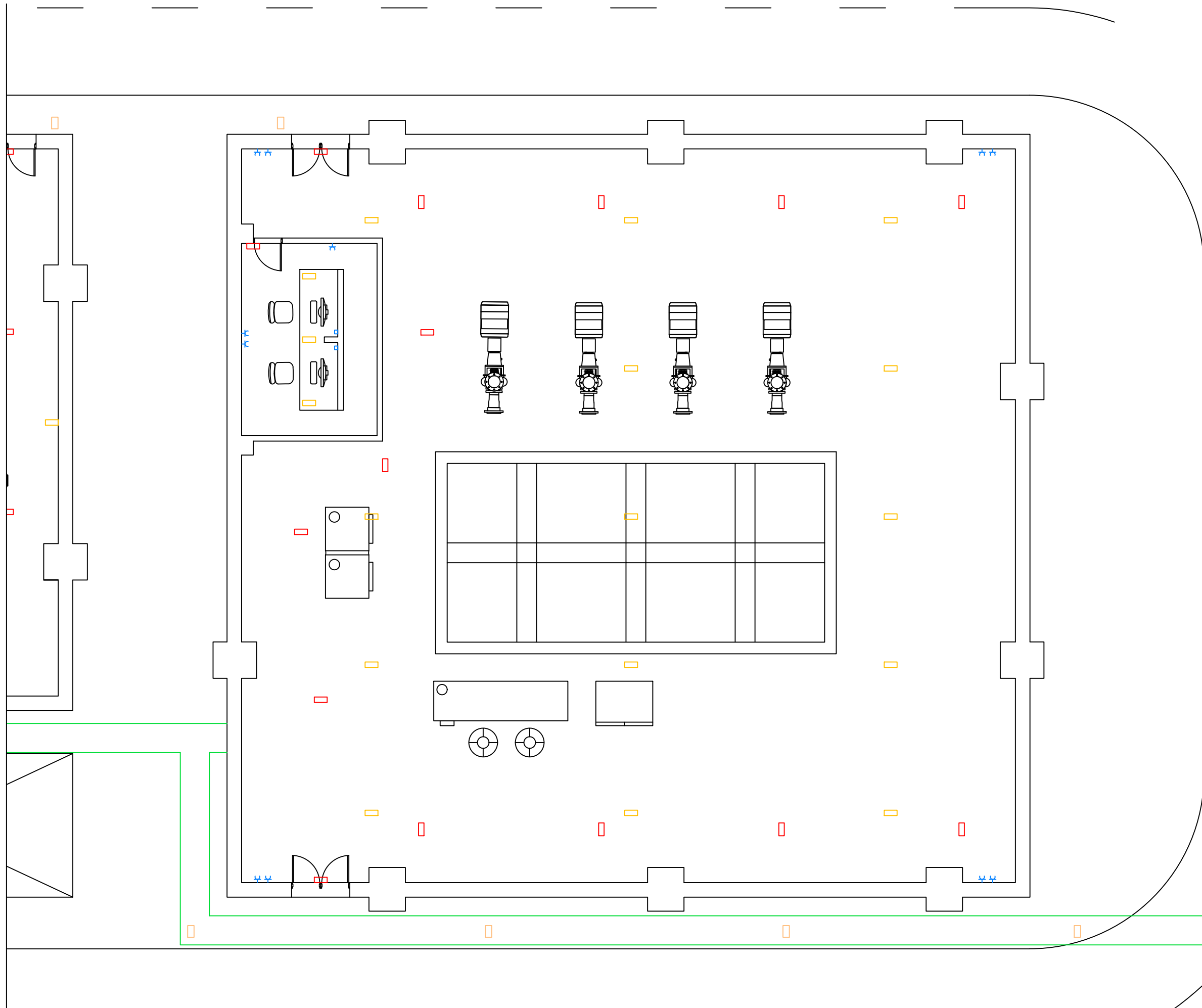
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO C2





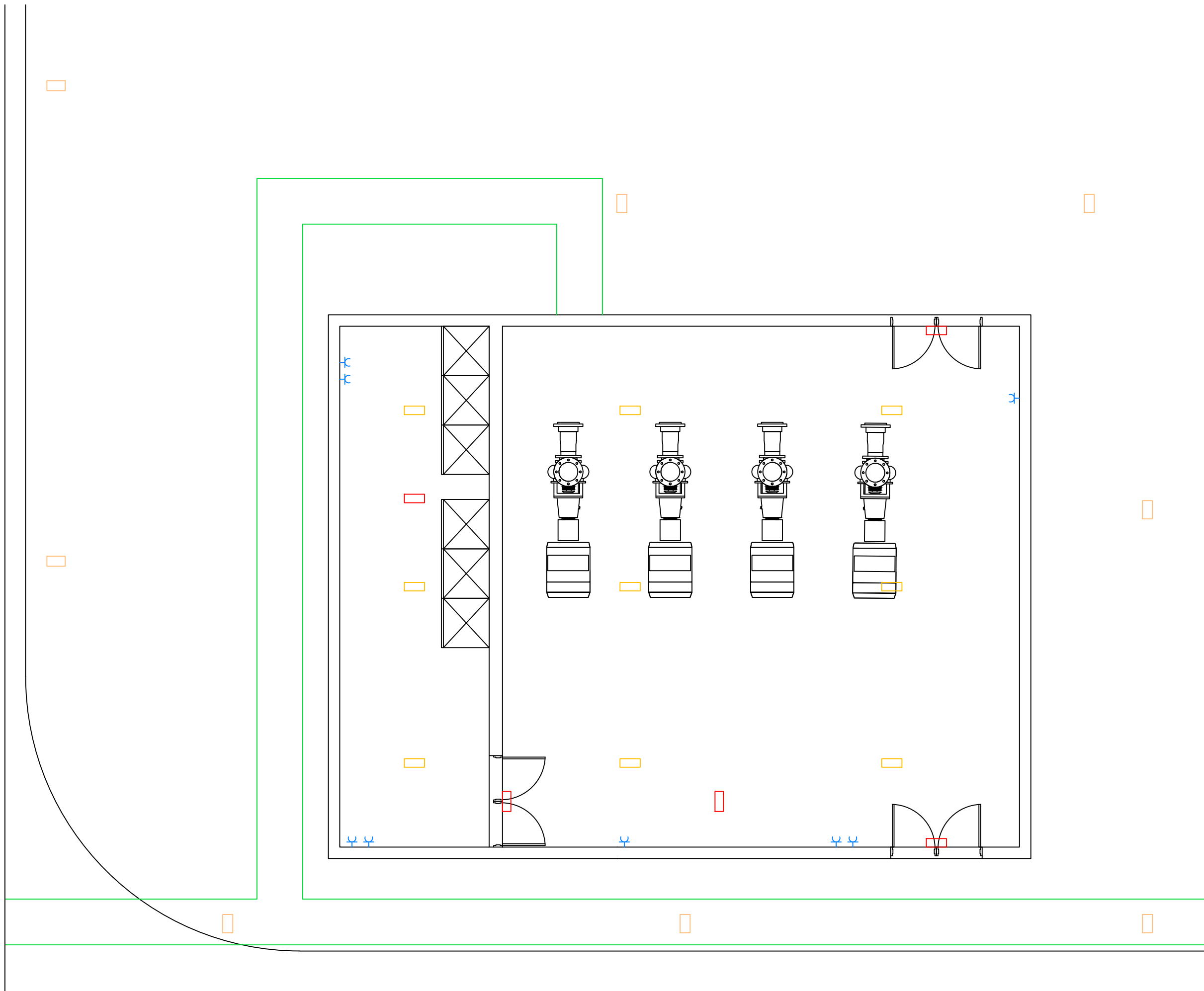
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO D**



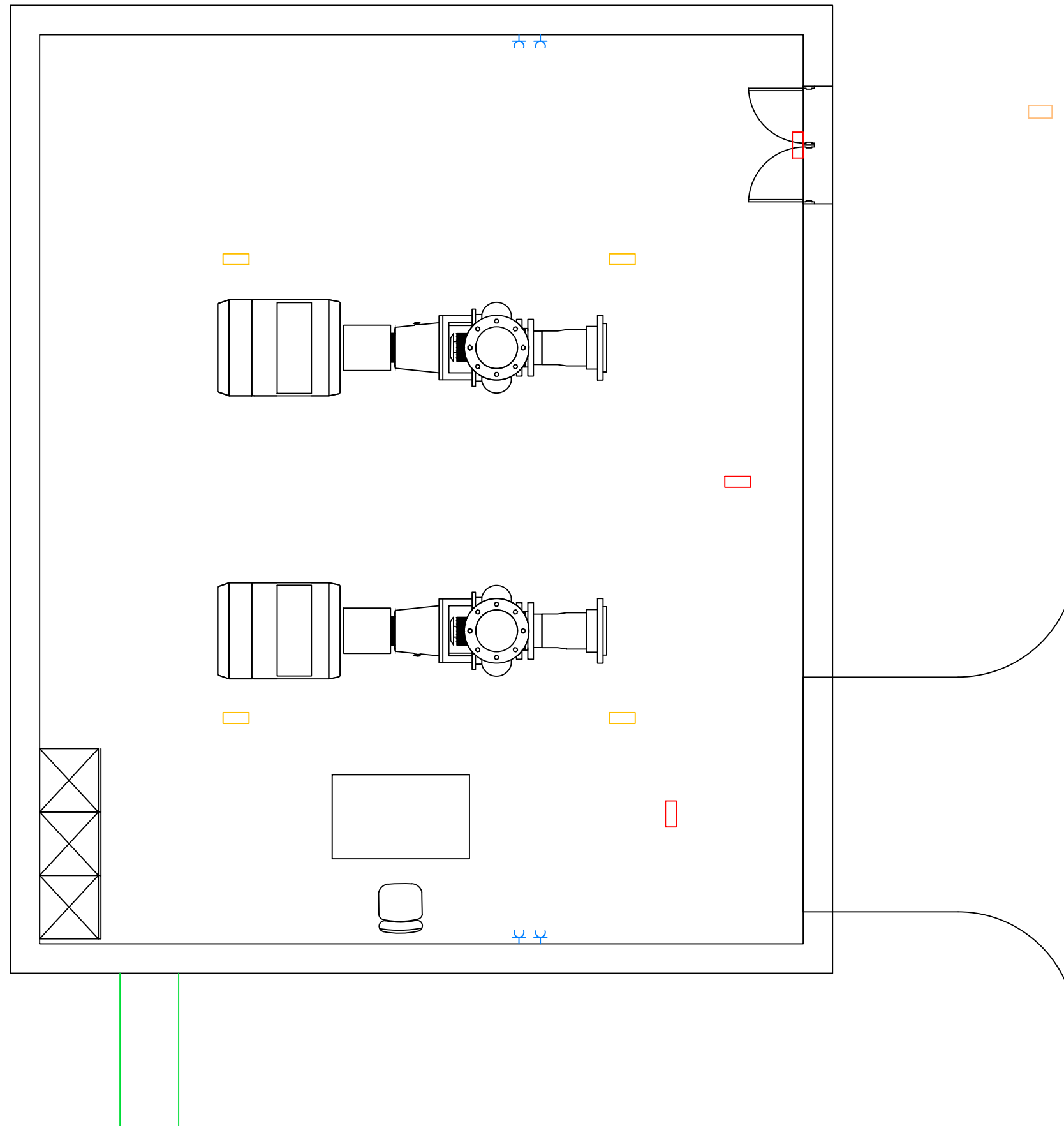
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS EDIFICIO E**

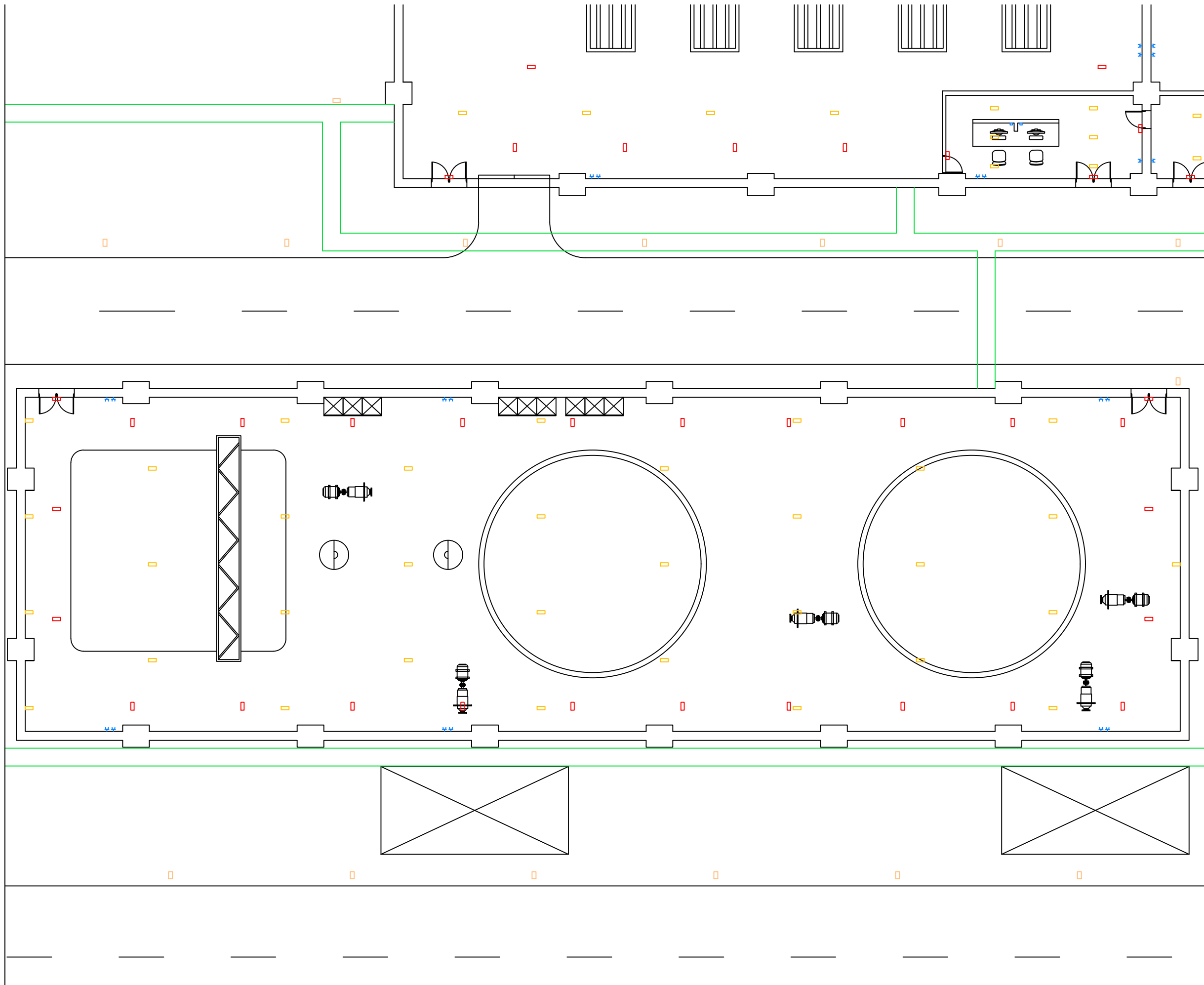


- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez  
Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO F



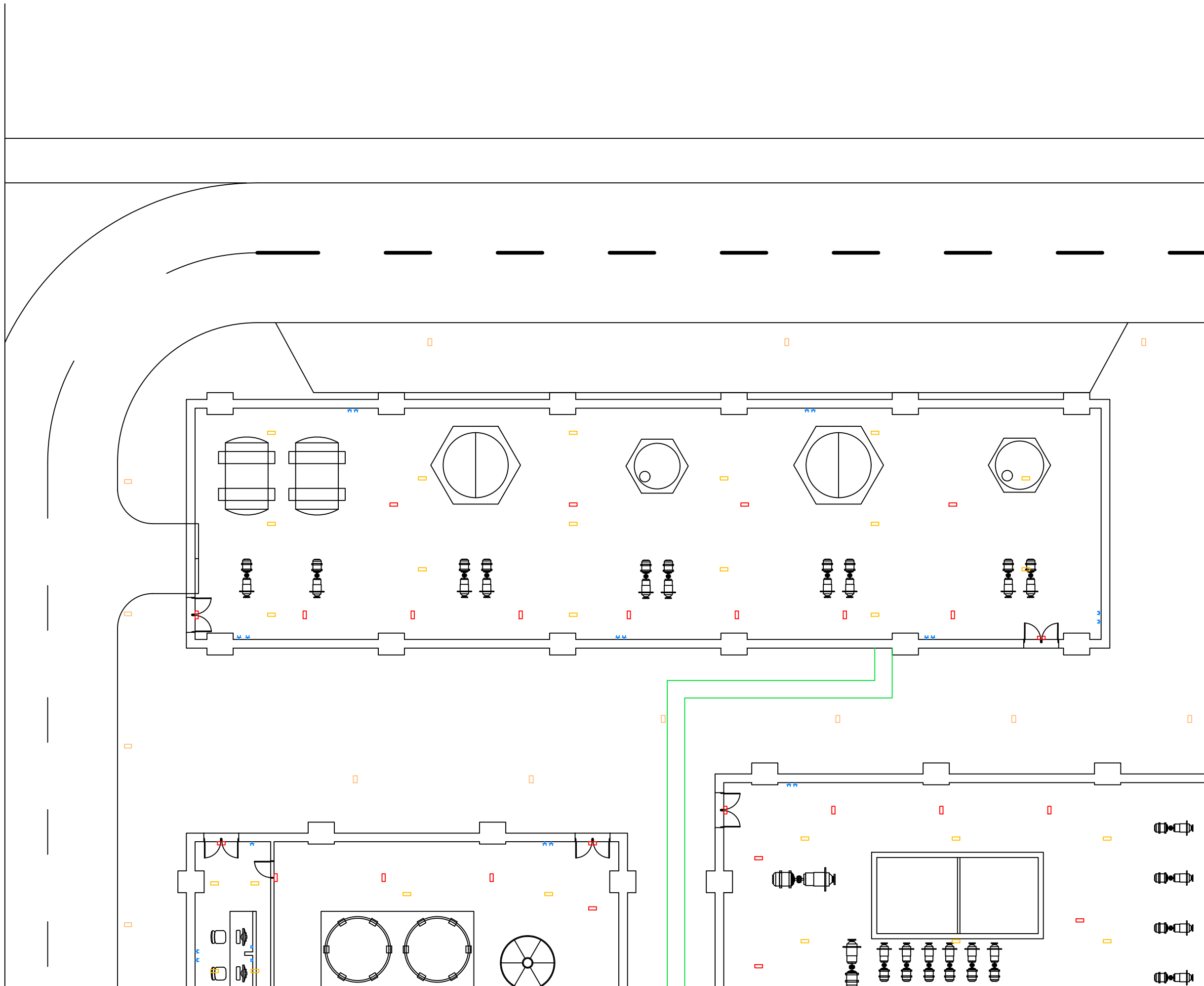
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO G**

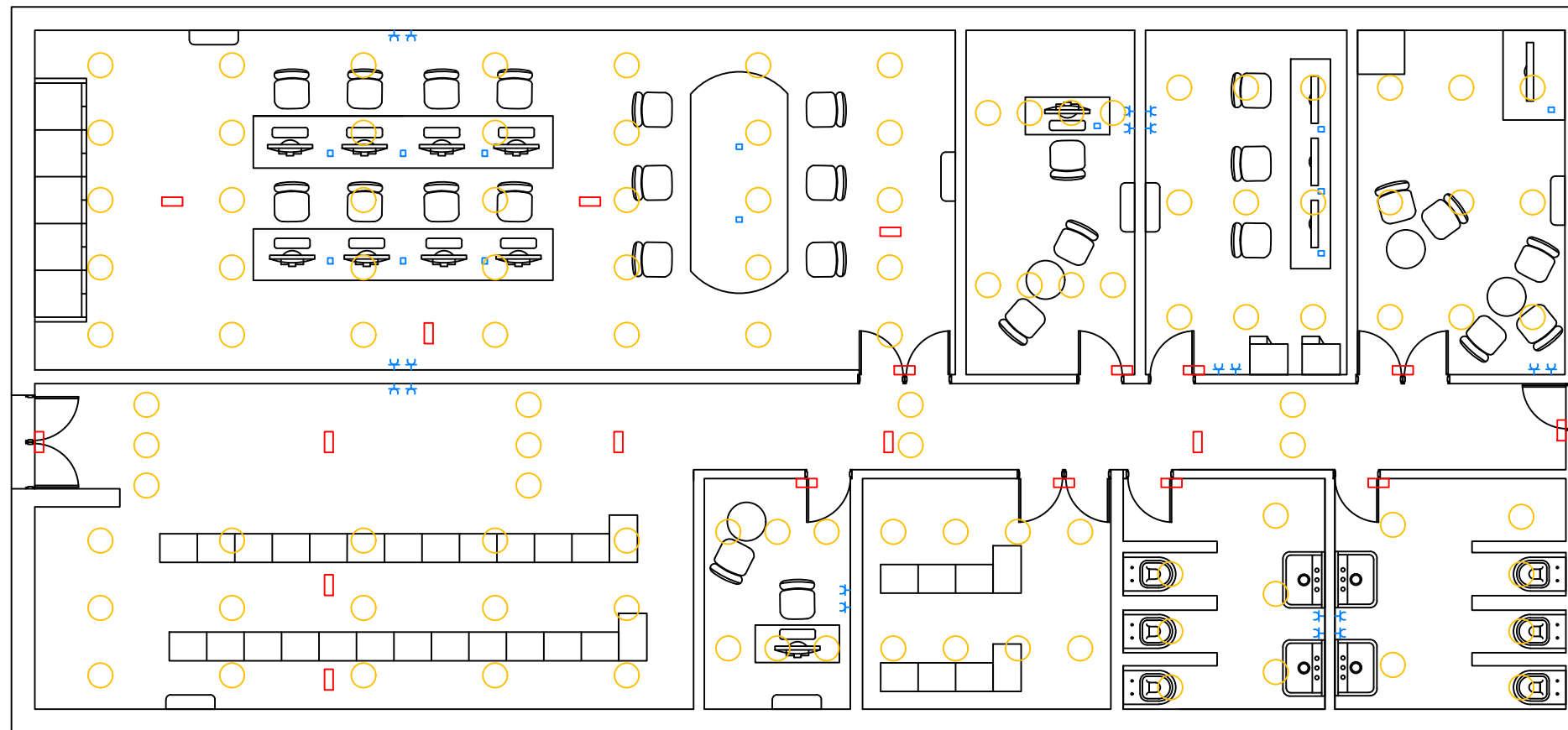


- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez  
 Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS  
 EDIFICIO H**



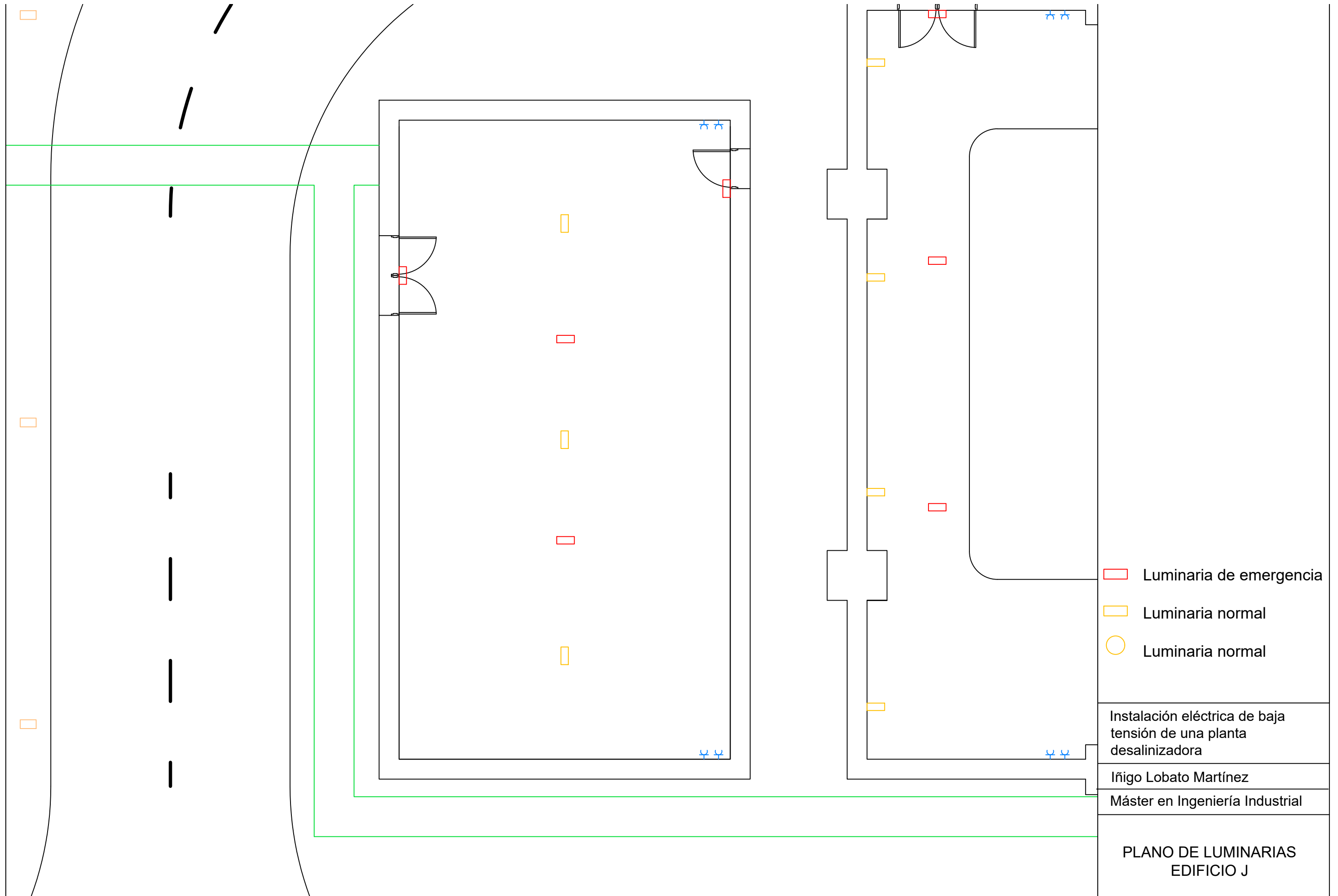
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO I



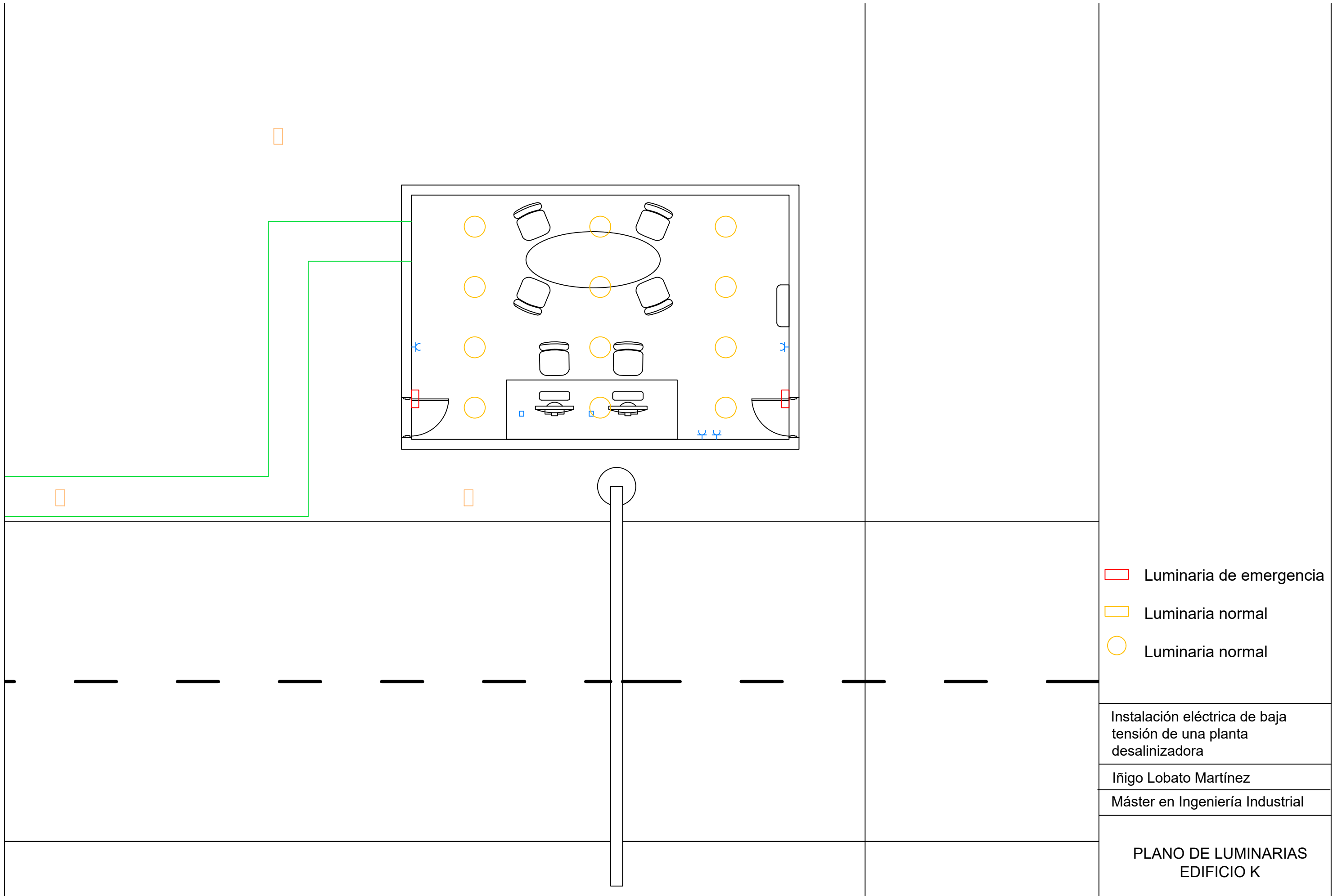
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO J**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

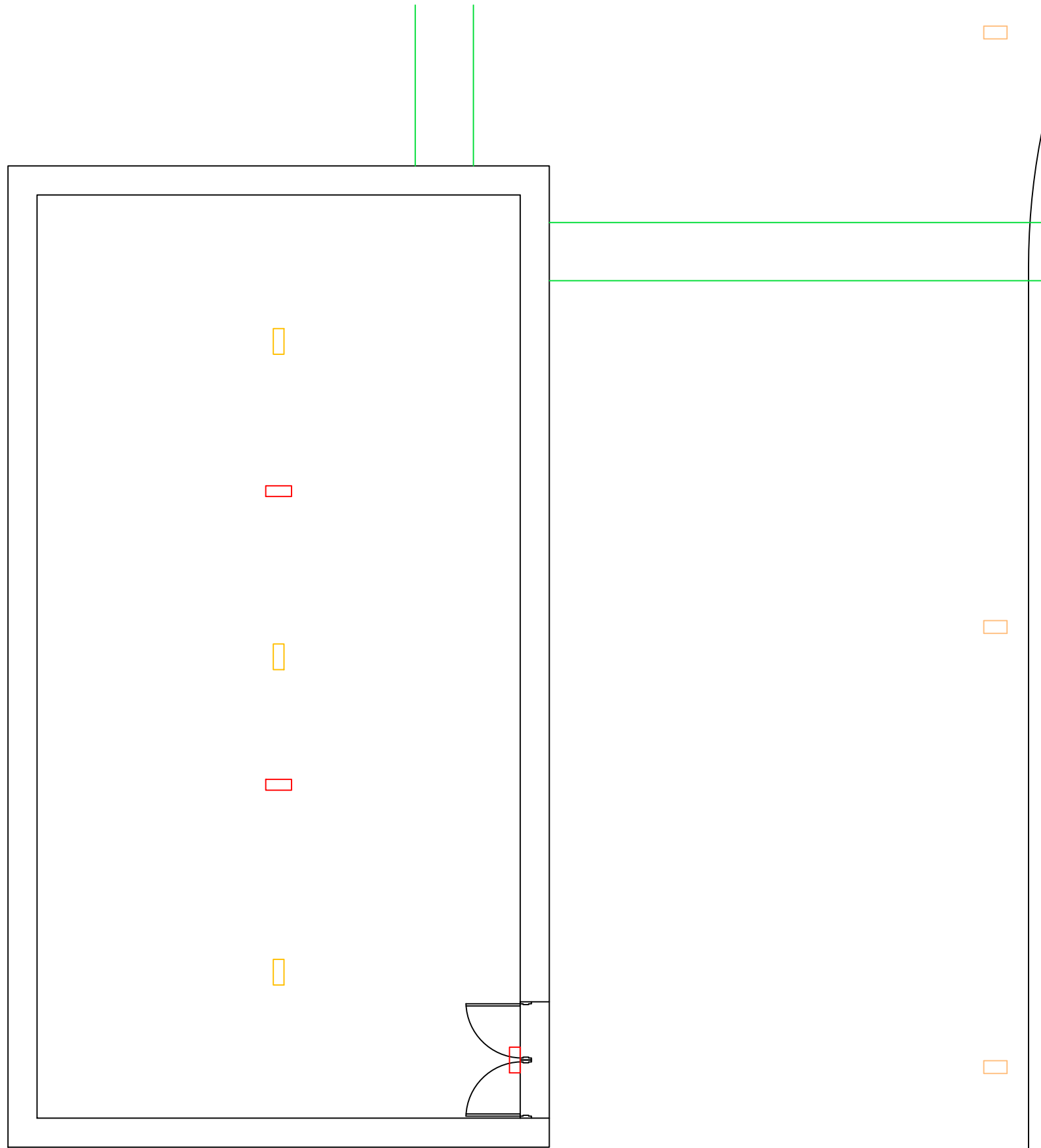
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO K





- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal

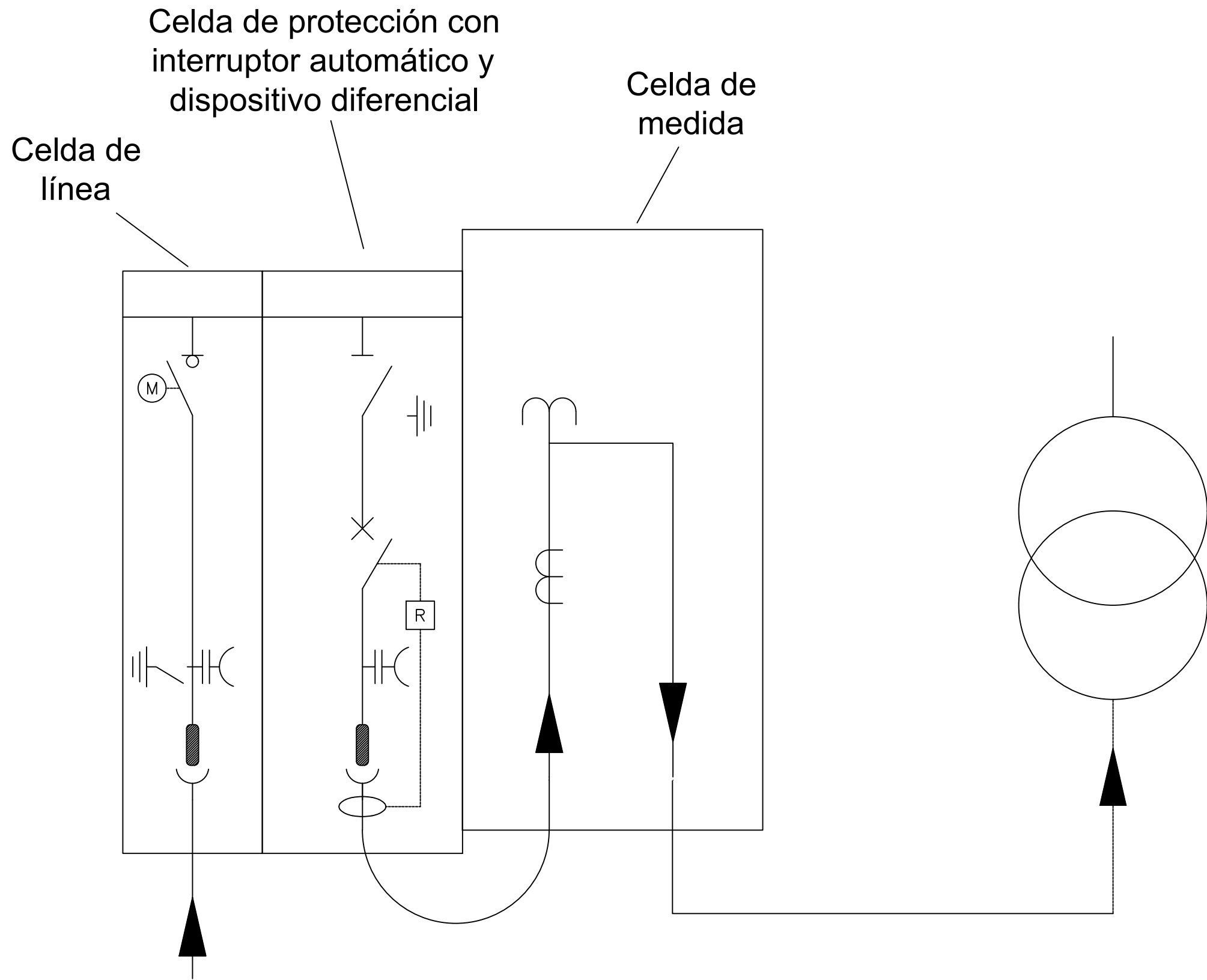
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE LUMINARIAS  
EDIFICIO L**

## 4. PLANOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

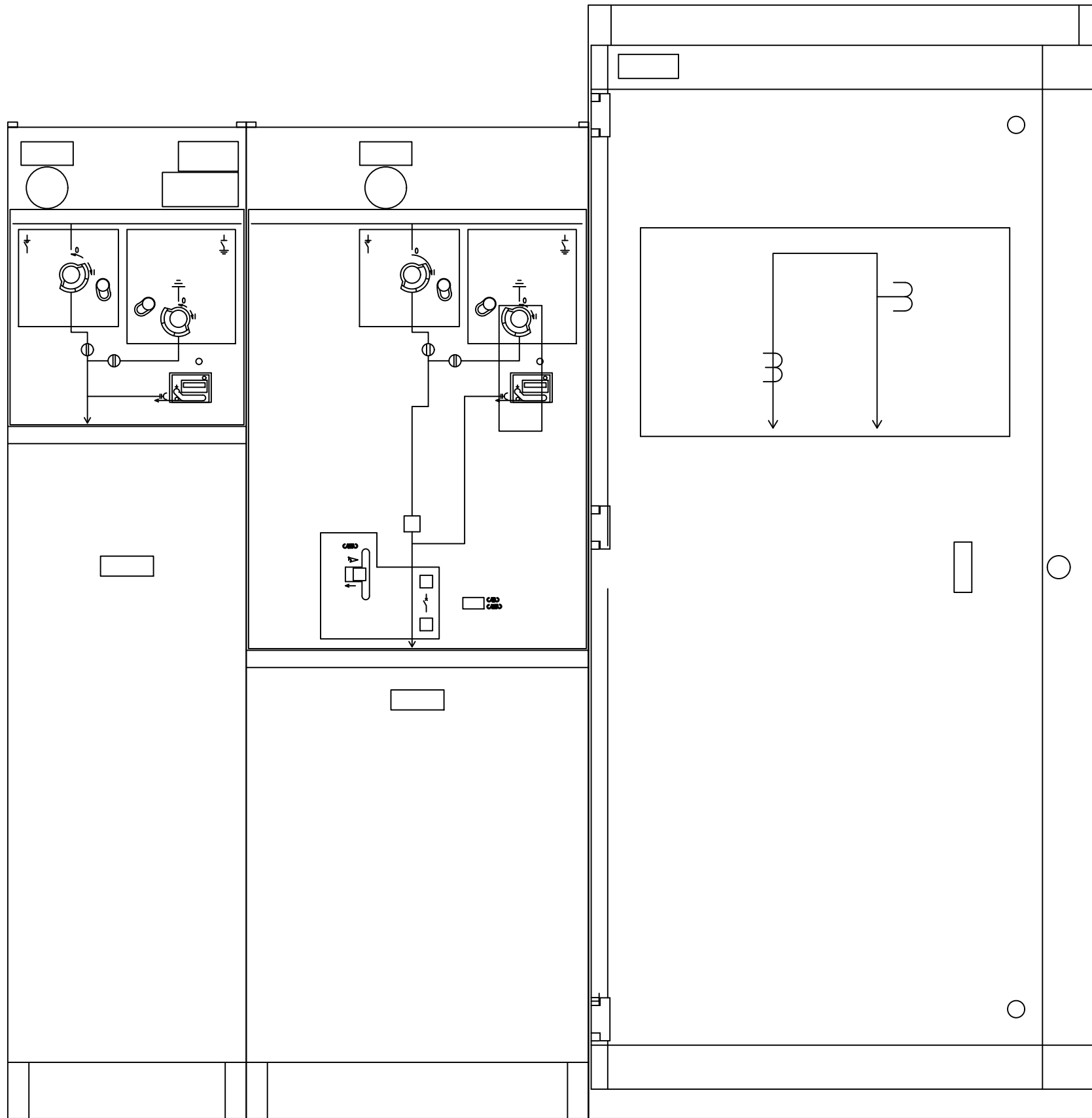


Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Centro de  
transformación



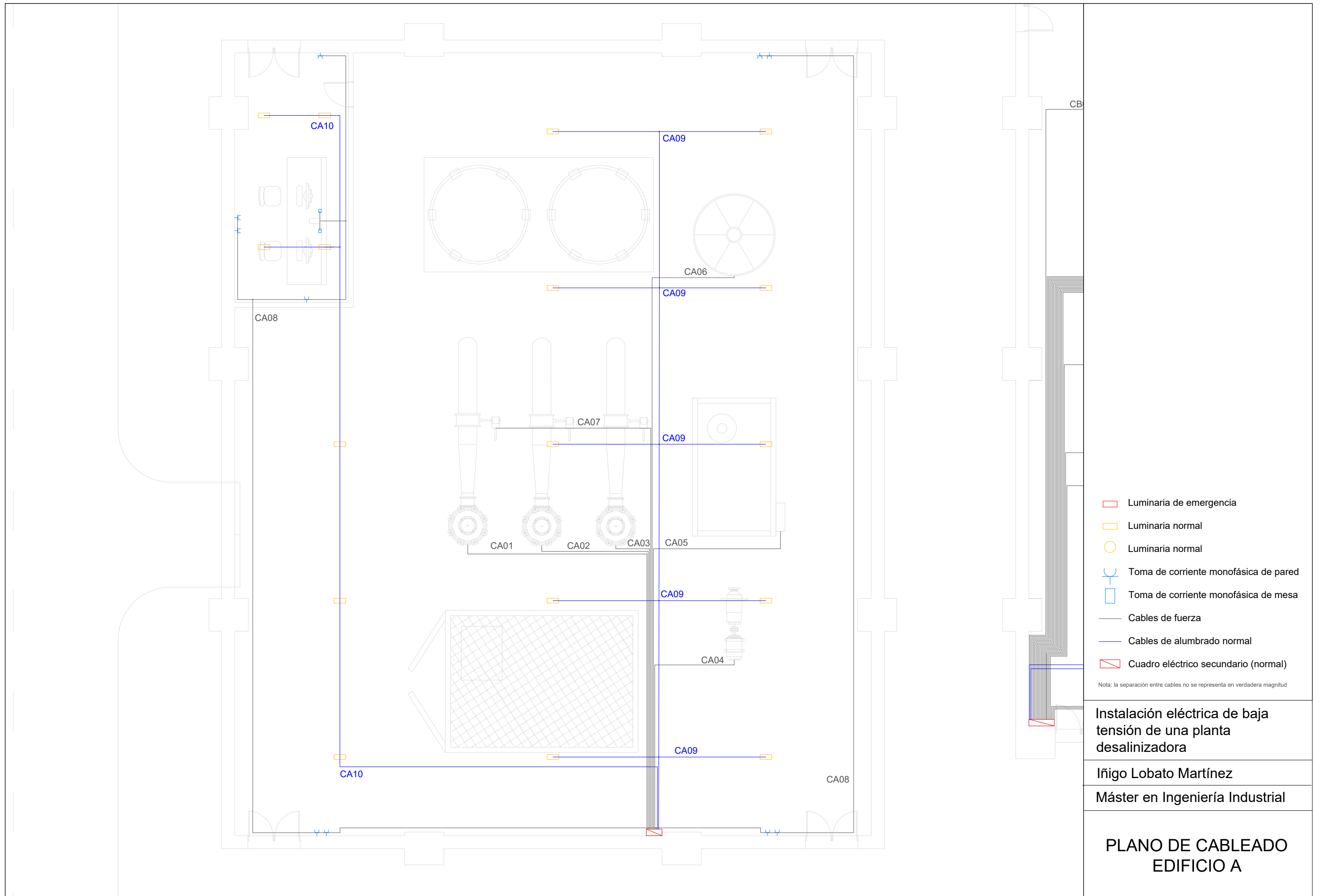
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Alzado  
Centro de  
transformación

## 5. PLANOS DE CABLEADO



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- Cuadro eléctrico secundario (normal)

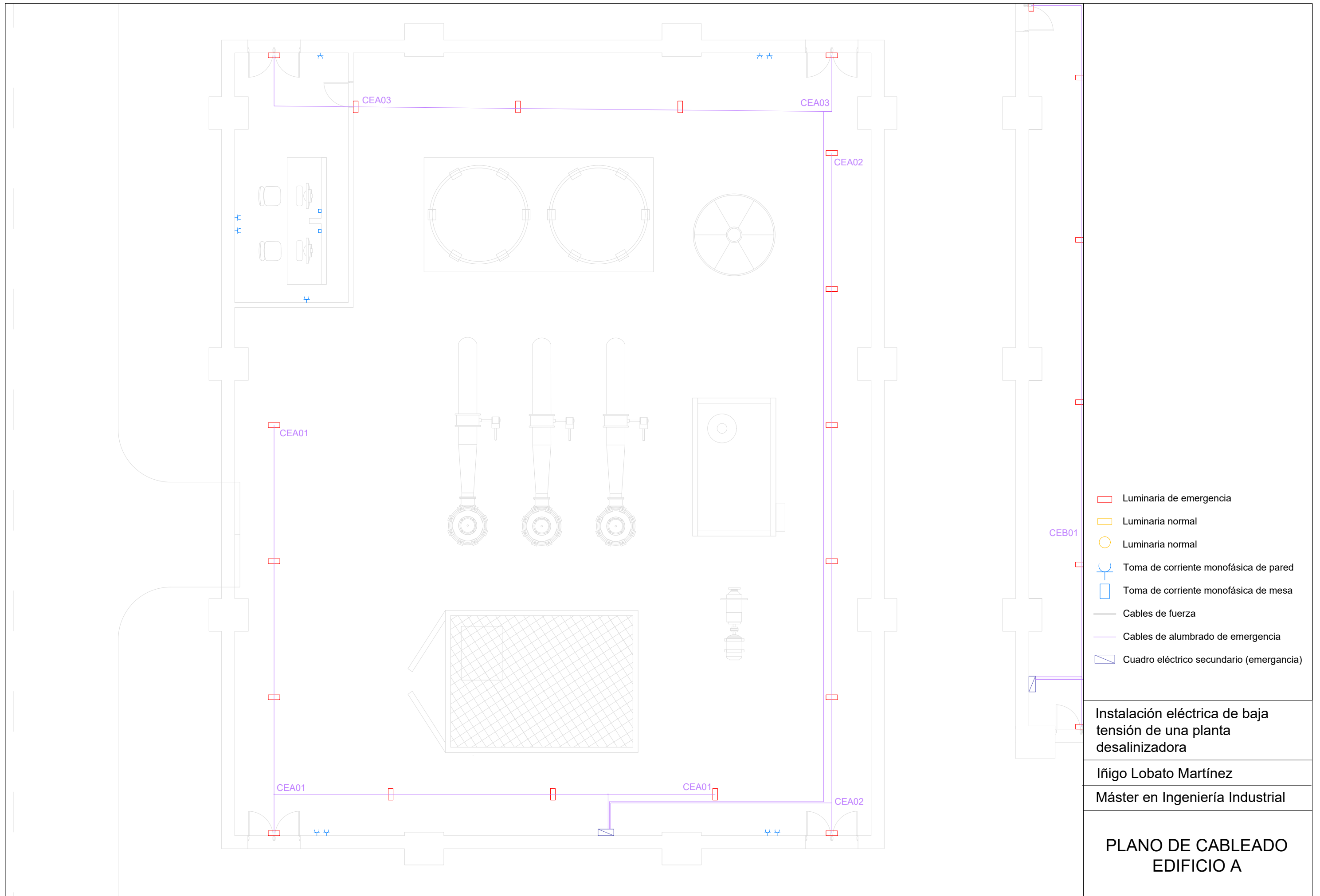
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

**Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora**

**Iñigo Lobato Martínez**

**Máster en Ingeniería Industrial**

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO A**



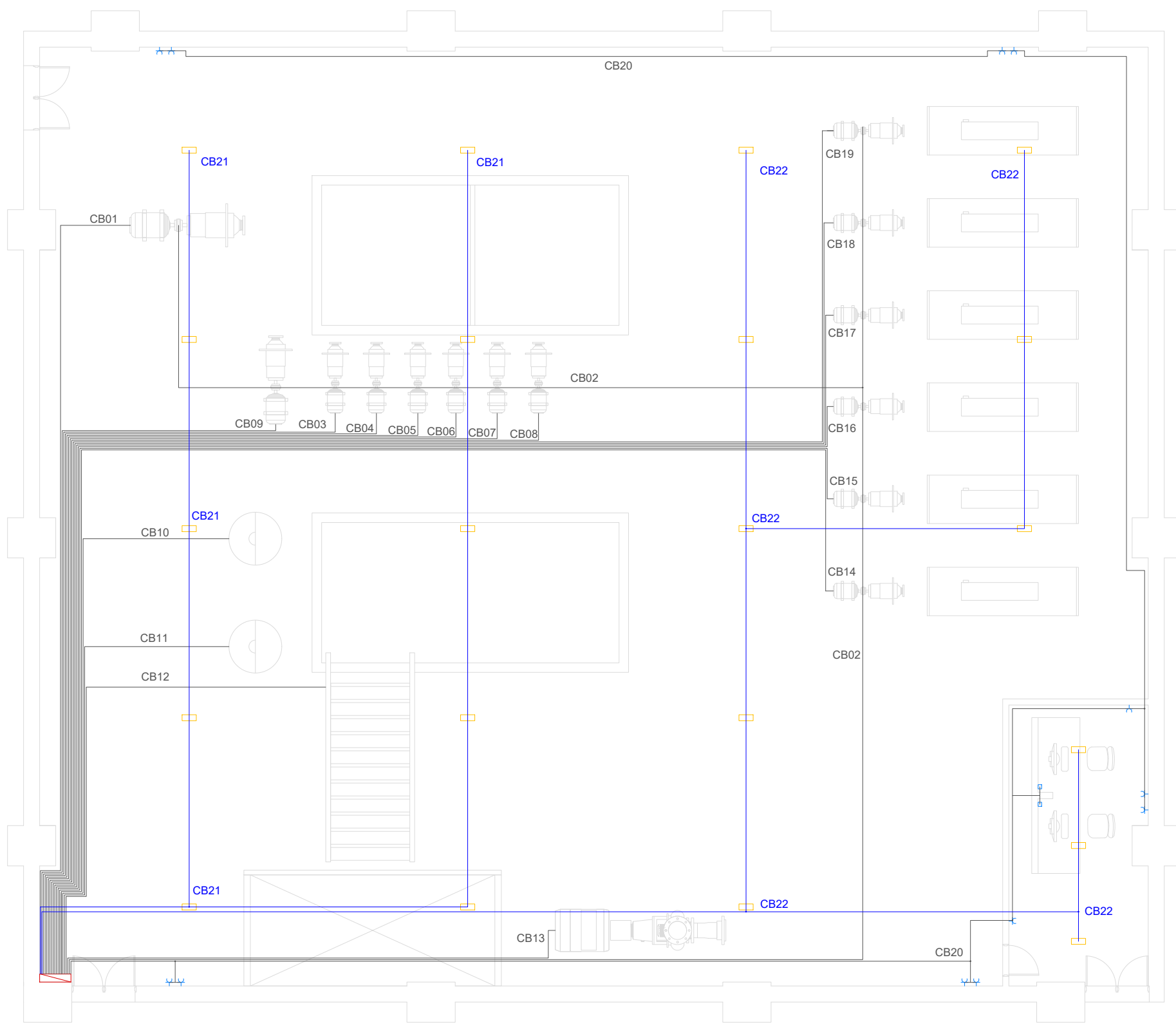
- ▭ Luminaria de emergencia
- ▭ Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ▭ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO A**



- ▭ Luminaria de emergencia
- ▭ Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ▭ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (normal)

Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

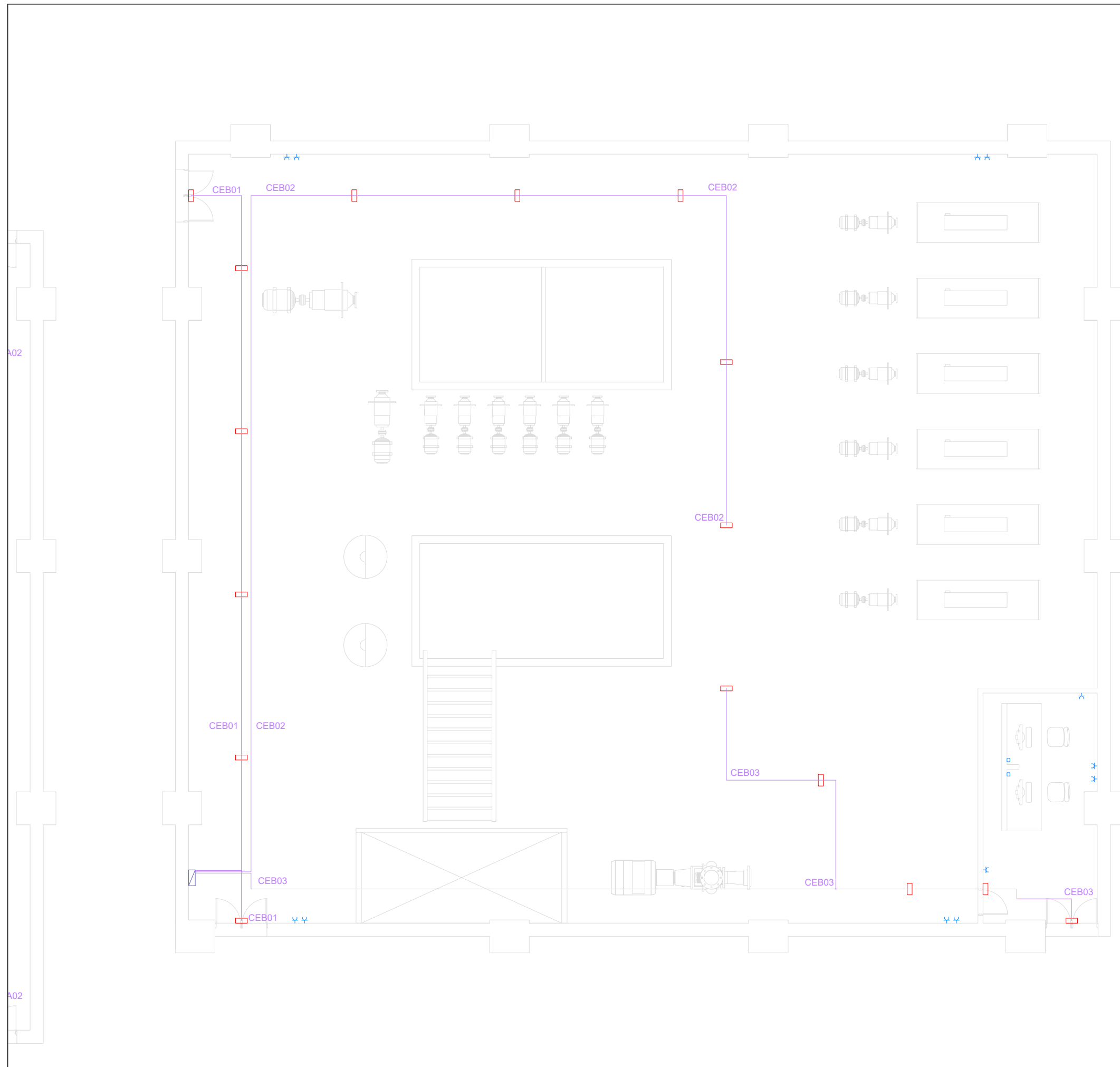
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO B**





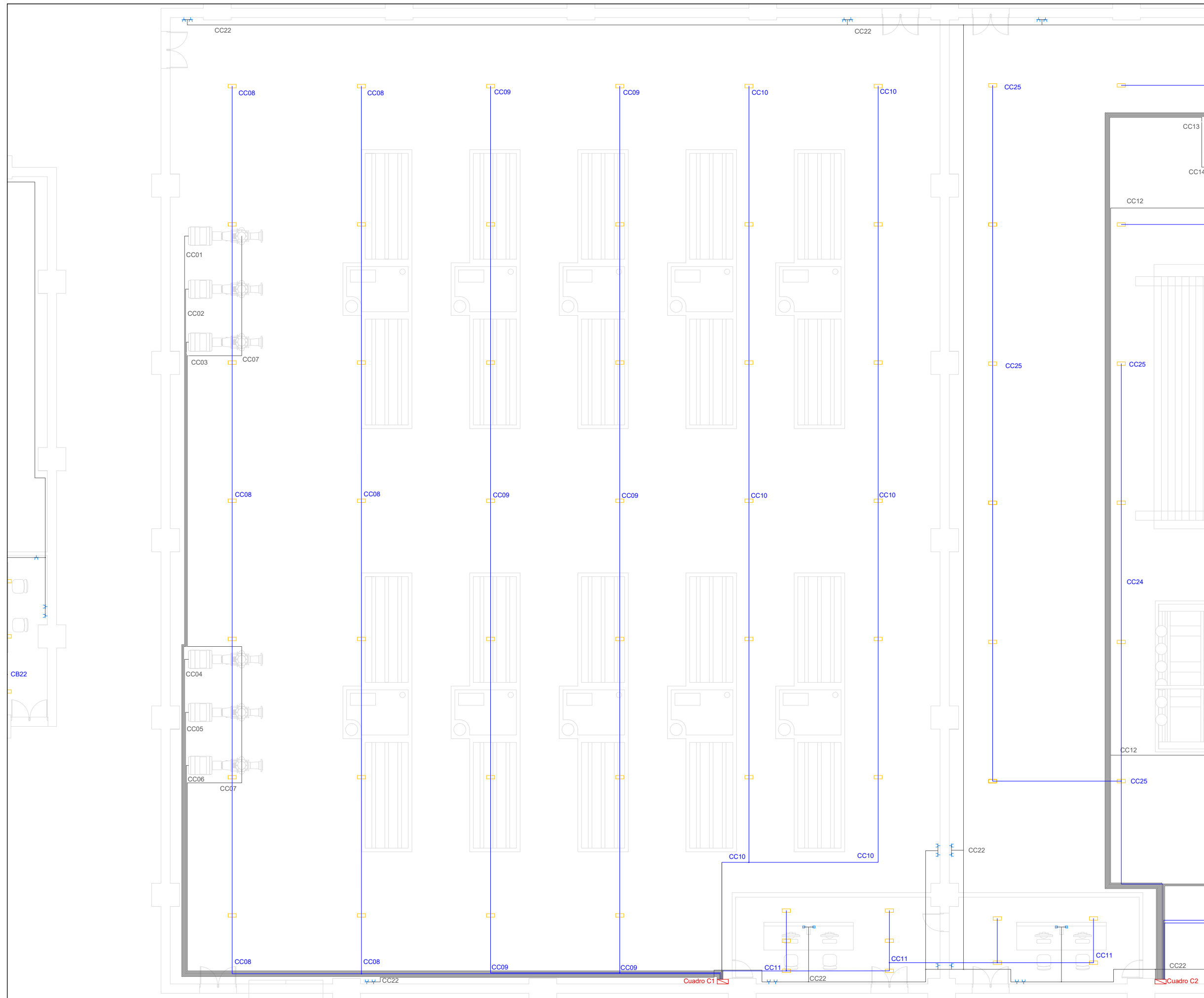
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO B**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- Cuadro eléctrico secundario (normal)

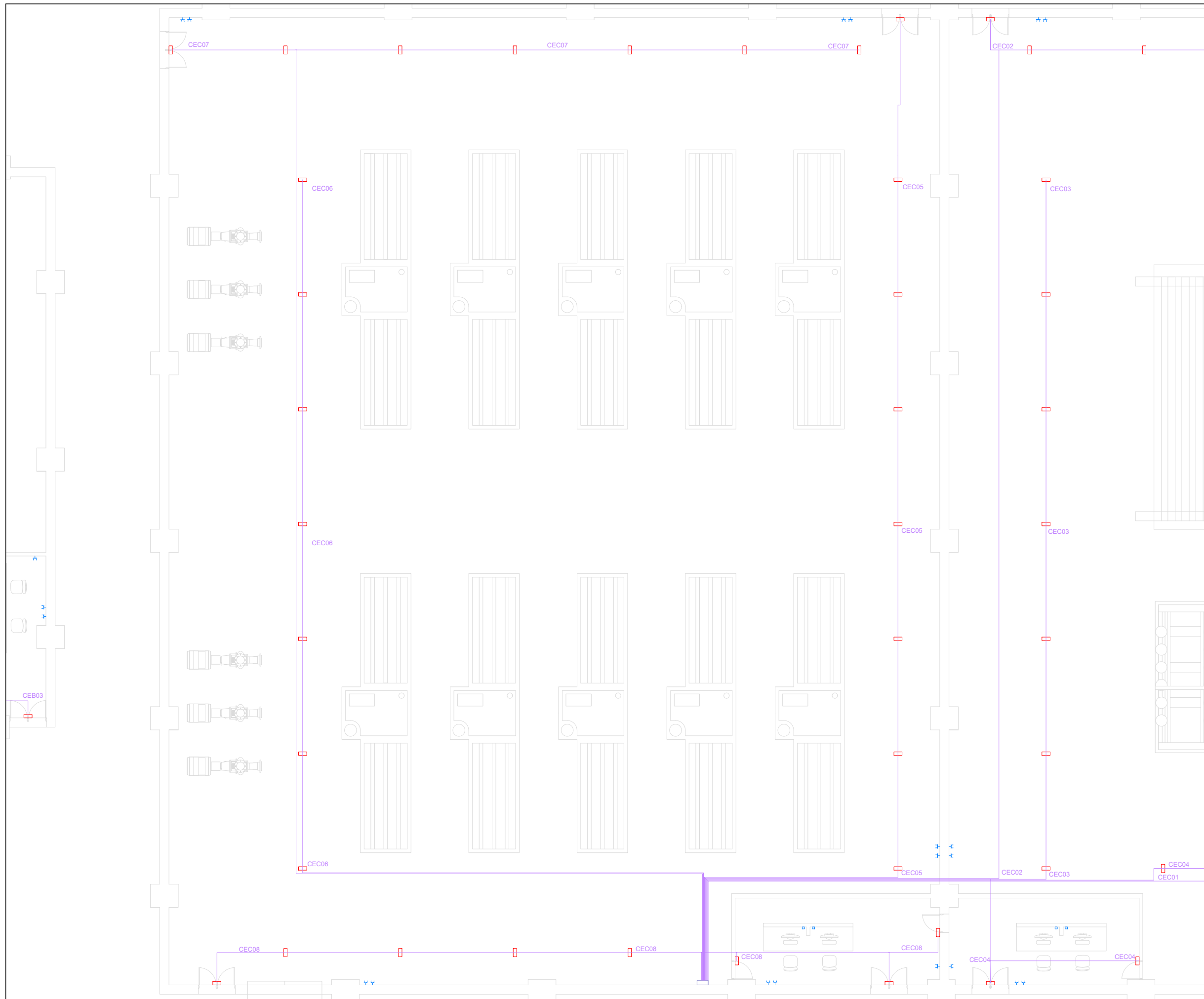
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

## PLANO DE CABLEADO EDIFICIO C1

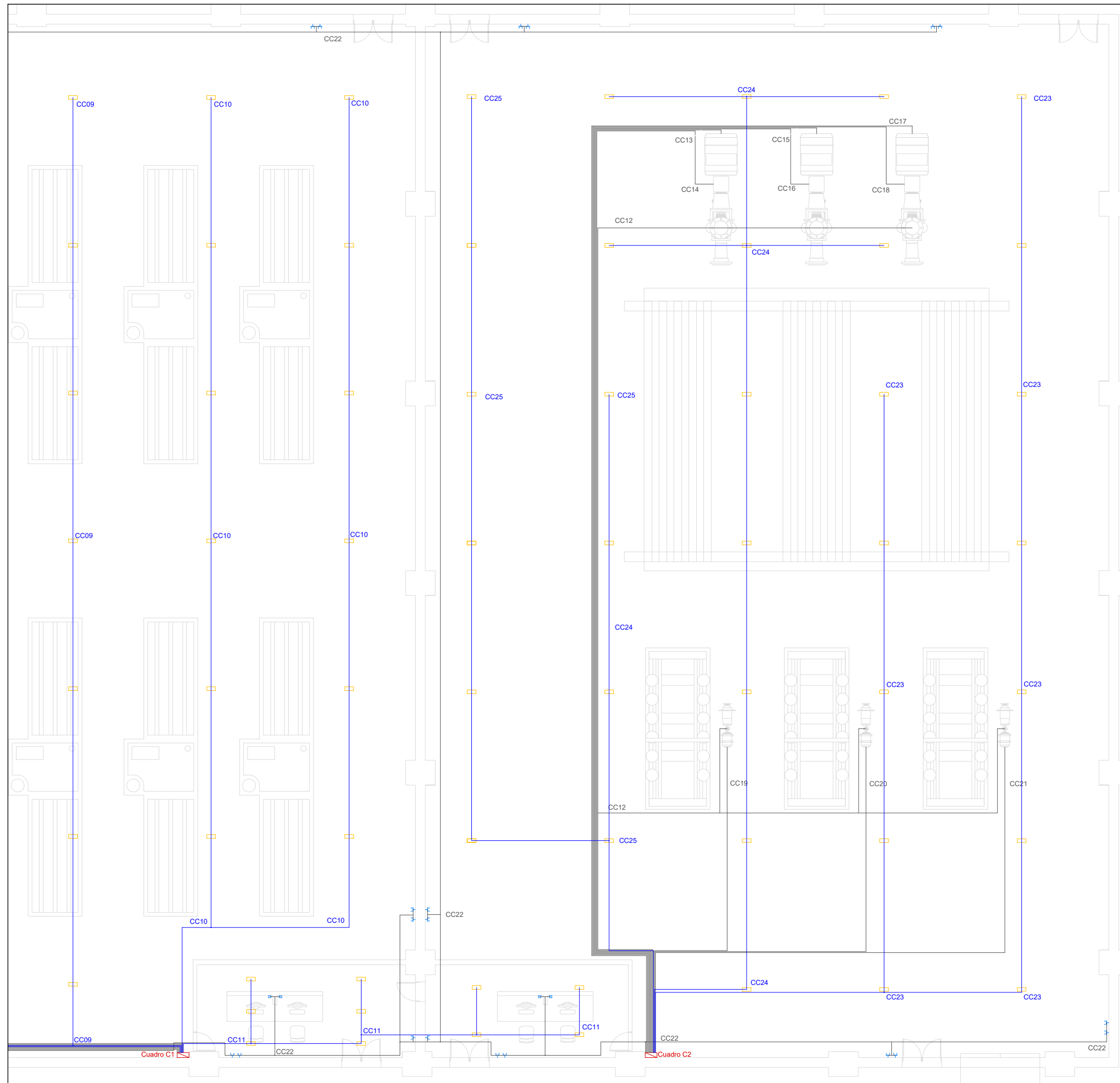


- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez  
 Máster en Ingeniería Industrial

## PLANO DE CABLEADO EDIFICIO C1



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- Cuadro eléctrico secundario (normal)

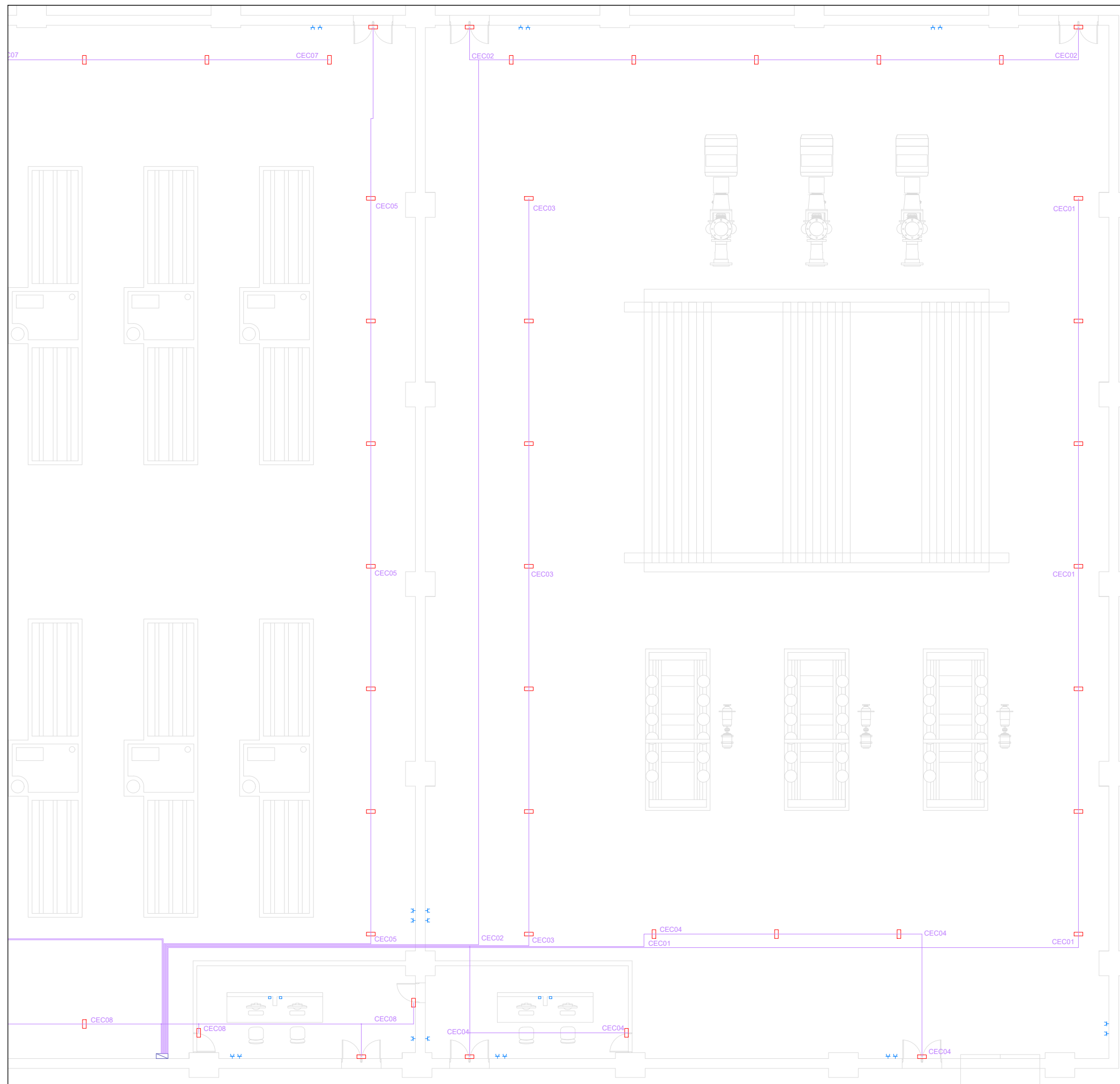
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO C2**



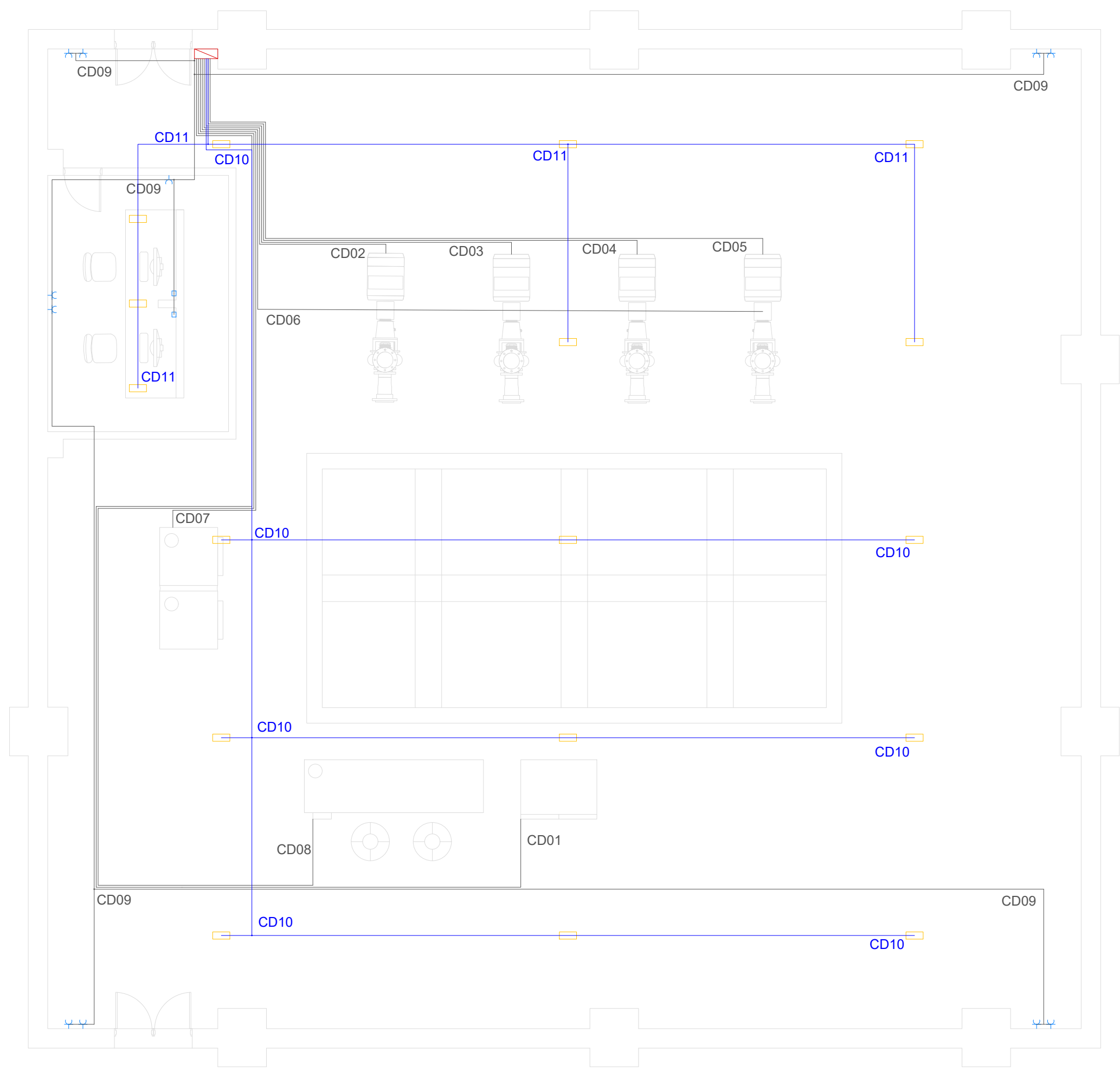
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO C2**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- Cuadro eléctrico secundario (normal)

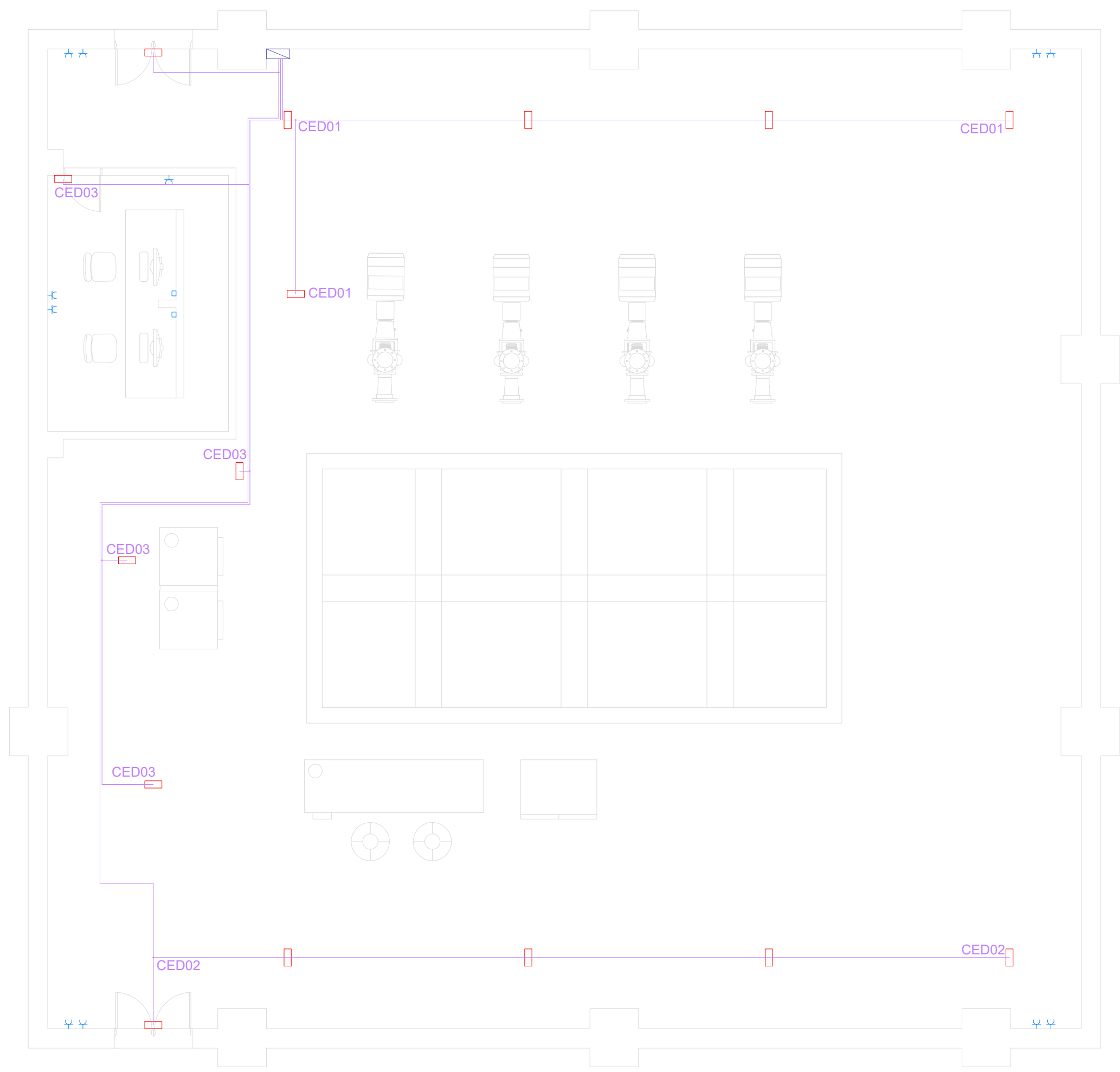
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO D**



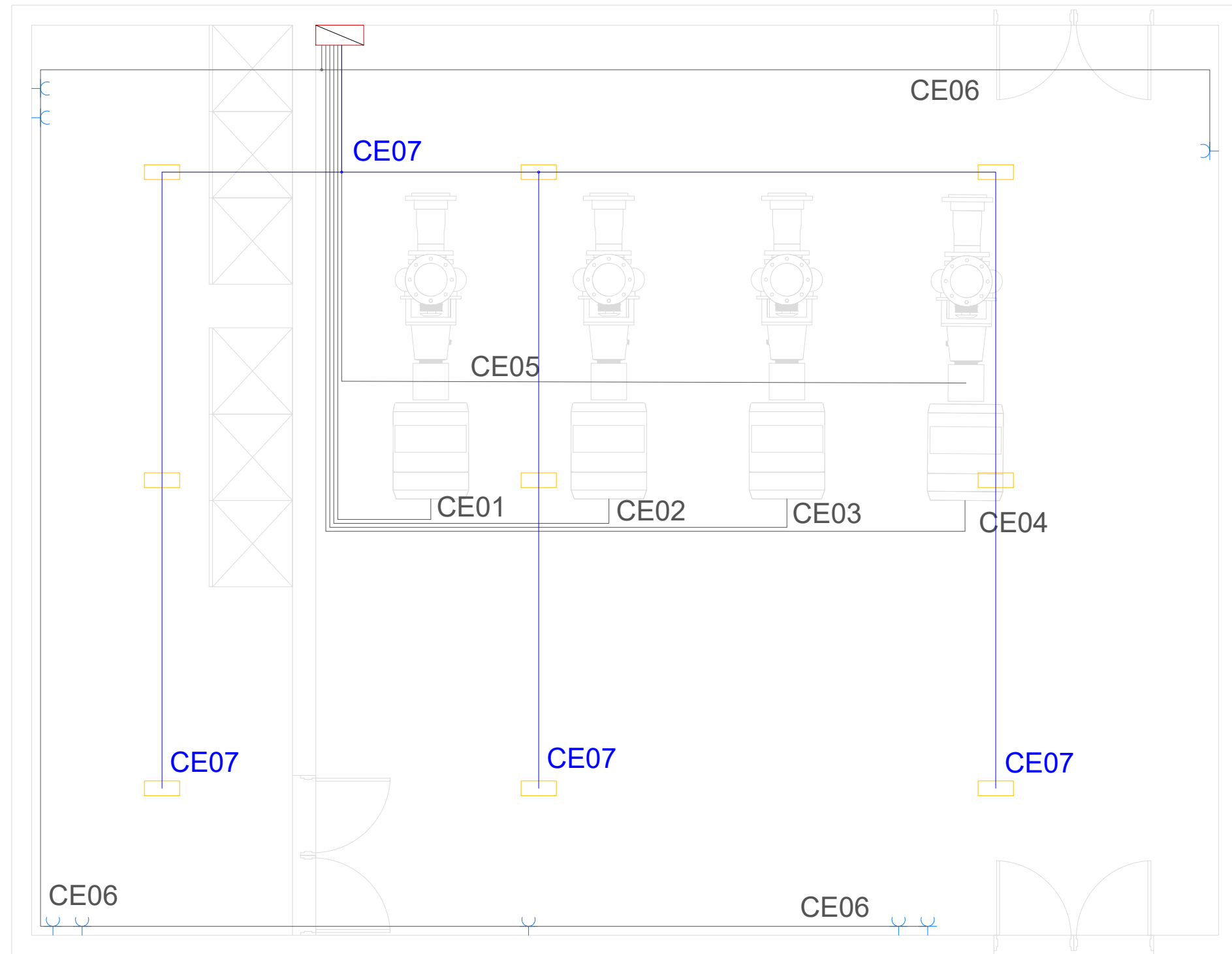
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ⌋ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO D**



- ▭ Luminaria de emergencia
- ▭ Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ▭ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (normal)

Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

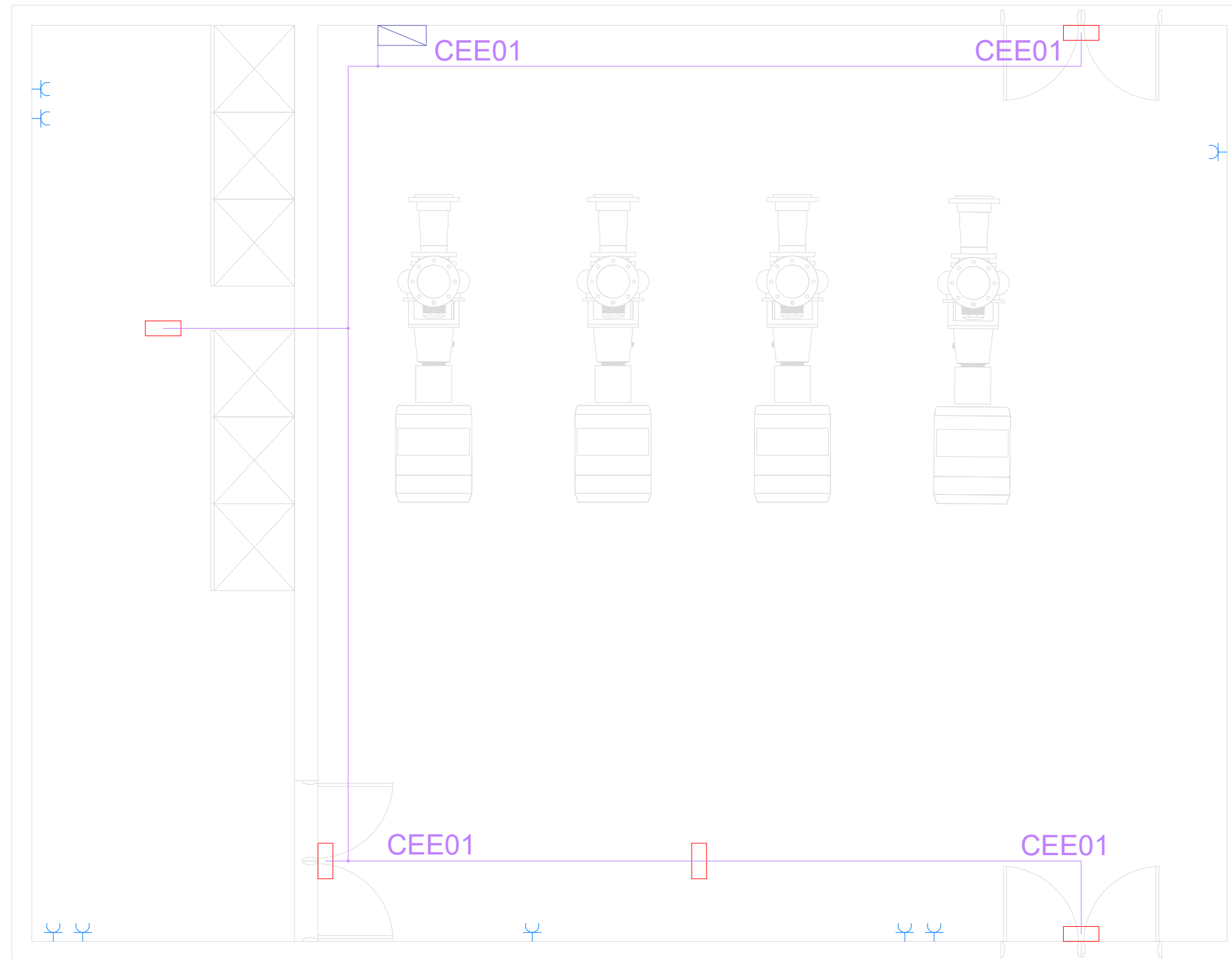
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO E**





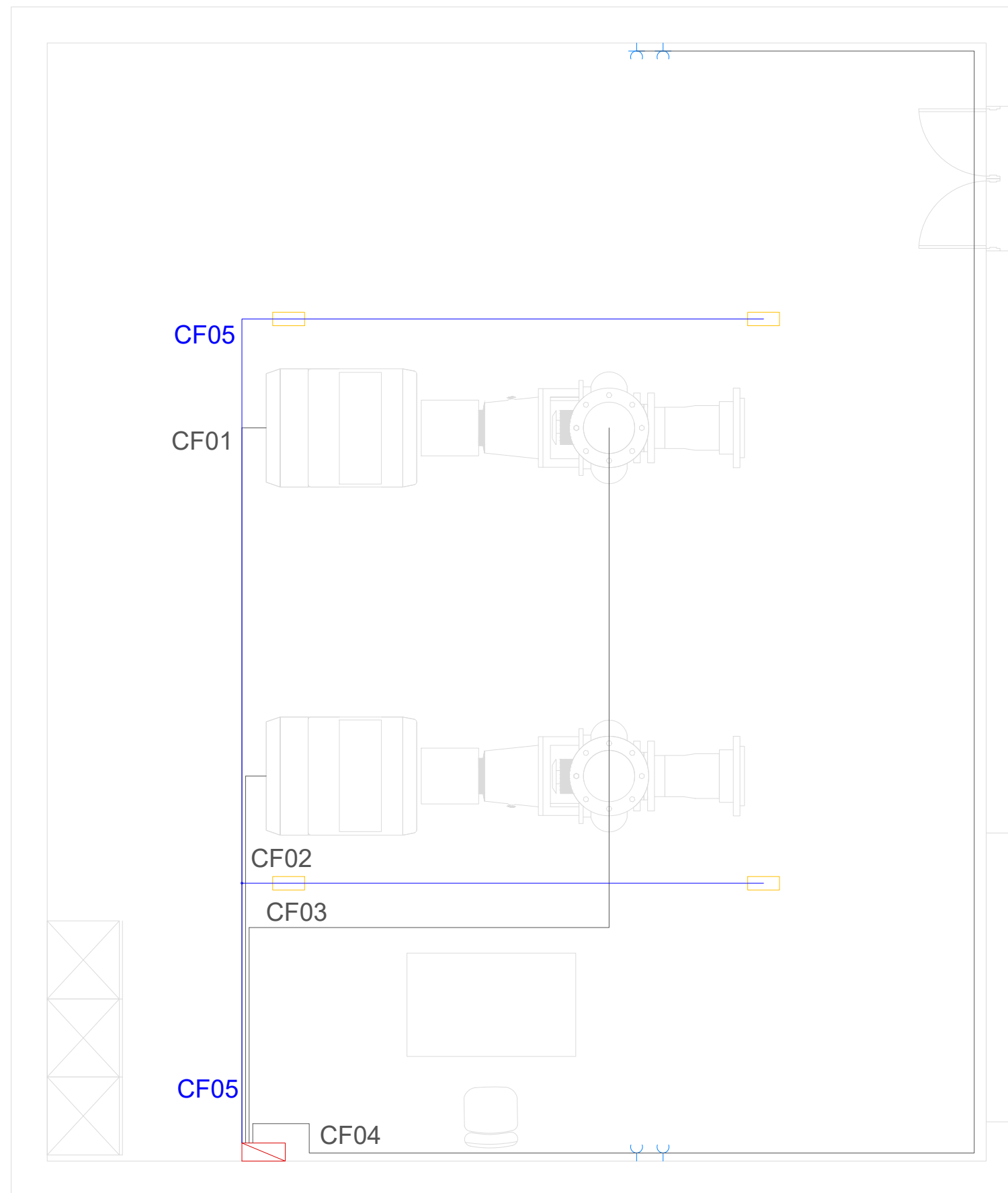
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO E**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- Cuadro eléctrico secundario (normal)

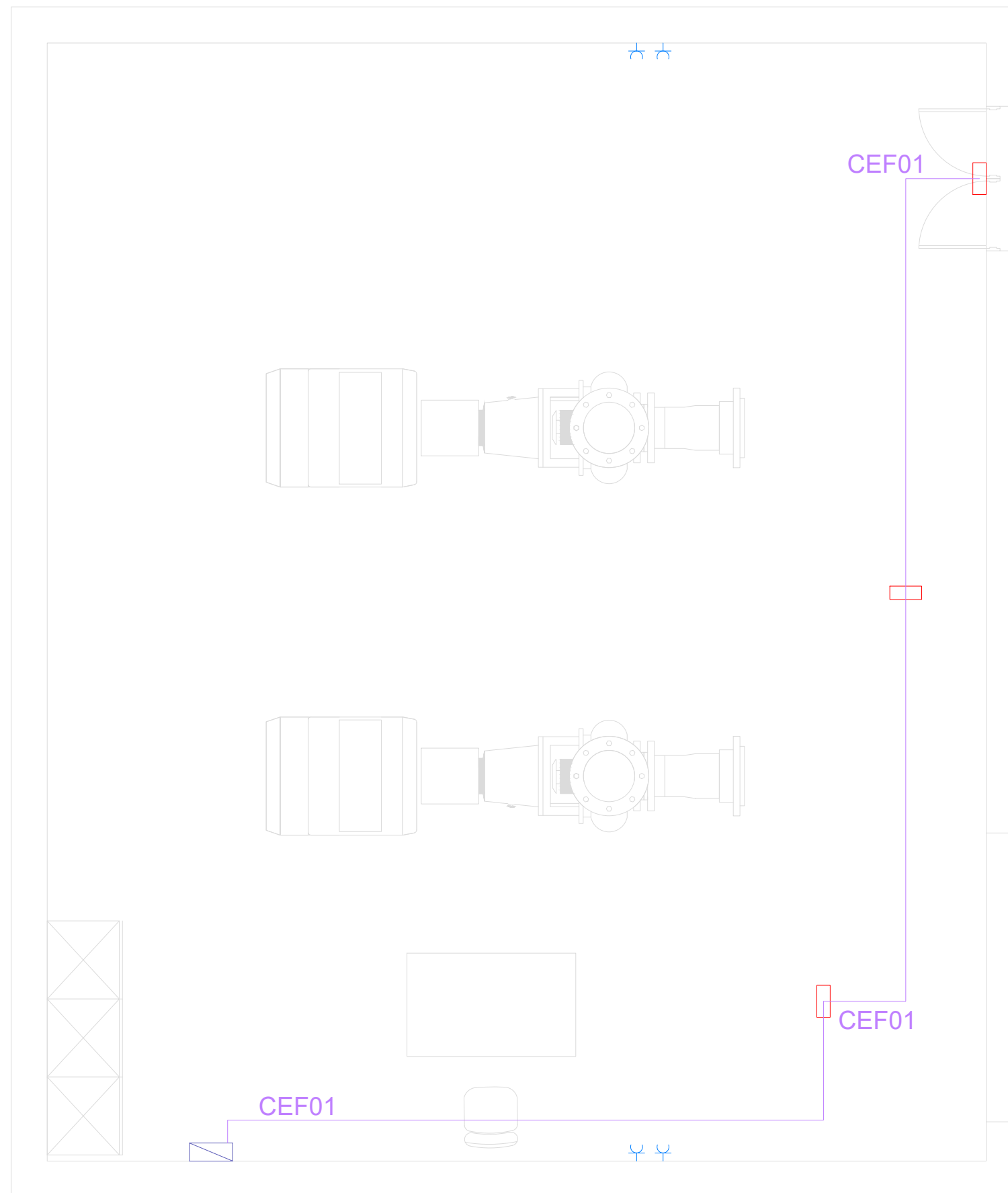
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO F**



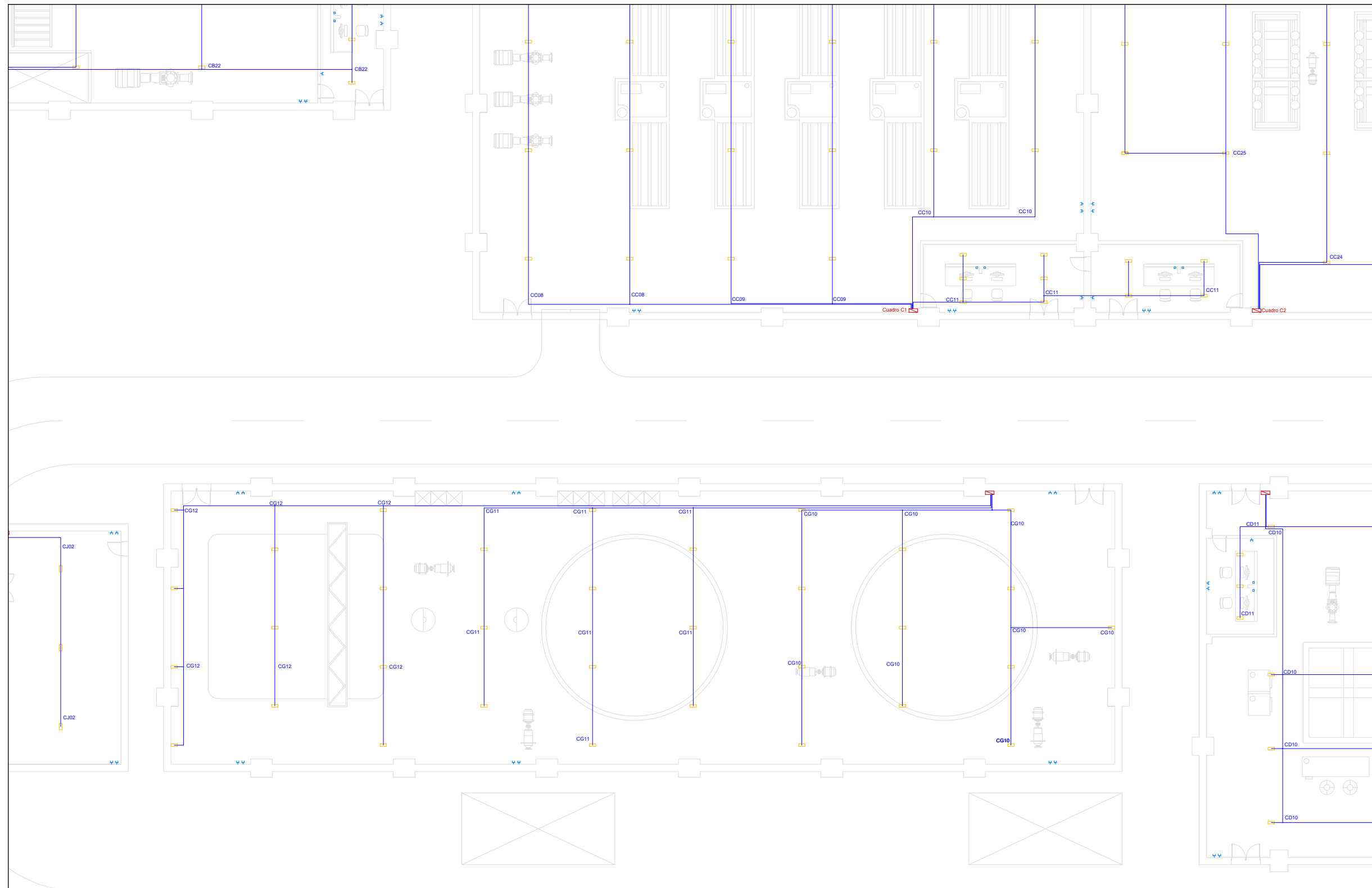
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO F**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- Cuadro eléctrico secundario (normal)

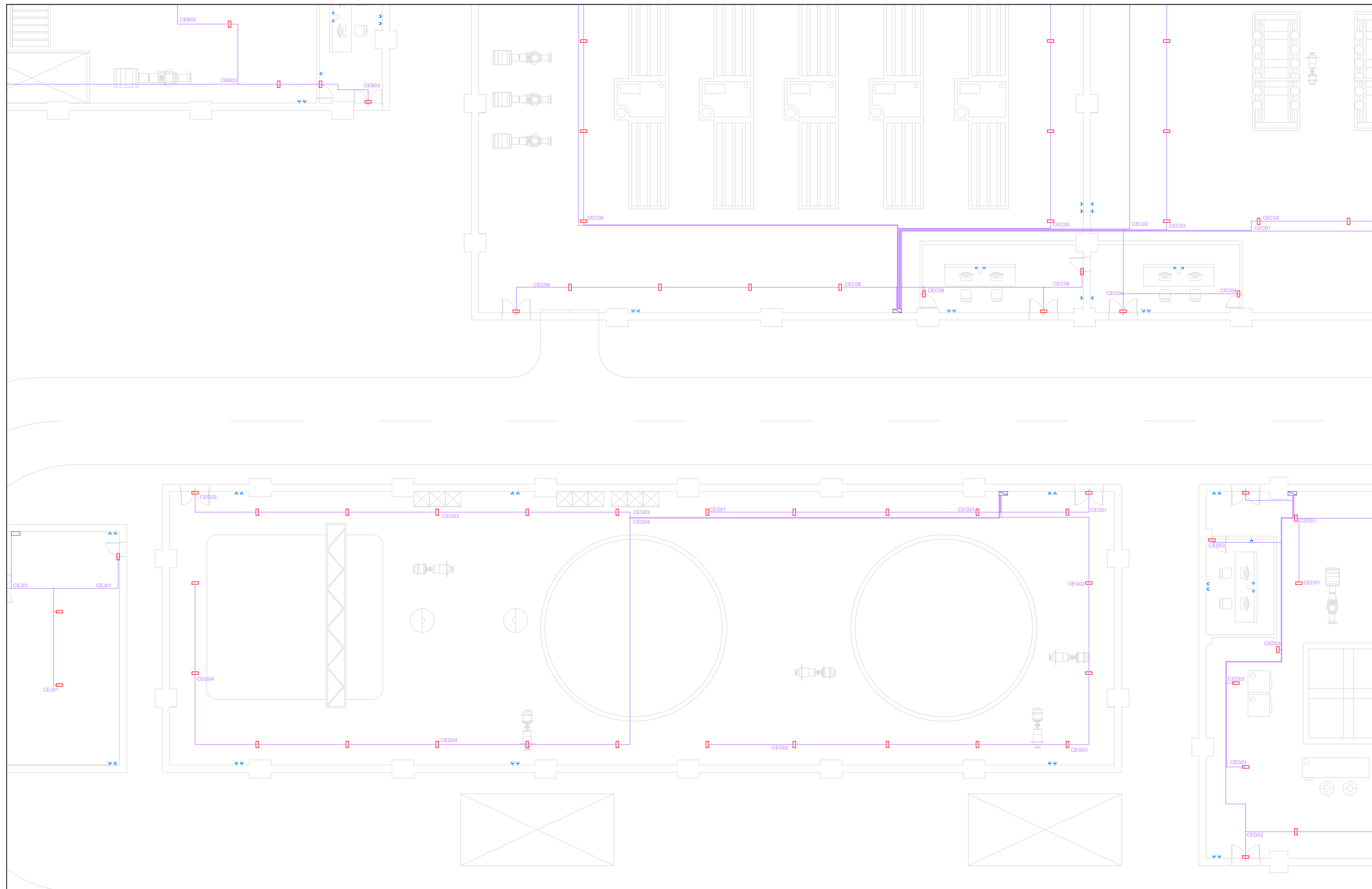
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO G**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO G**



- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- Cuadro eléctrico secundario (normal)

Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO H**



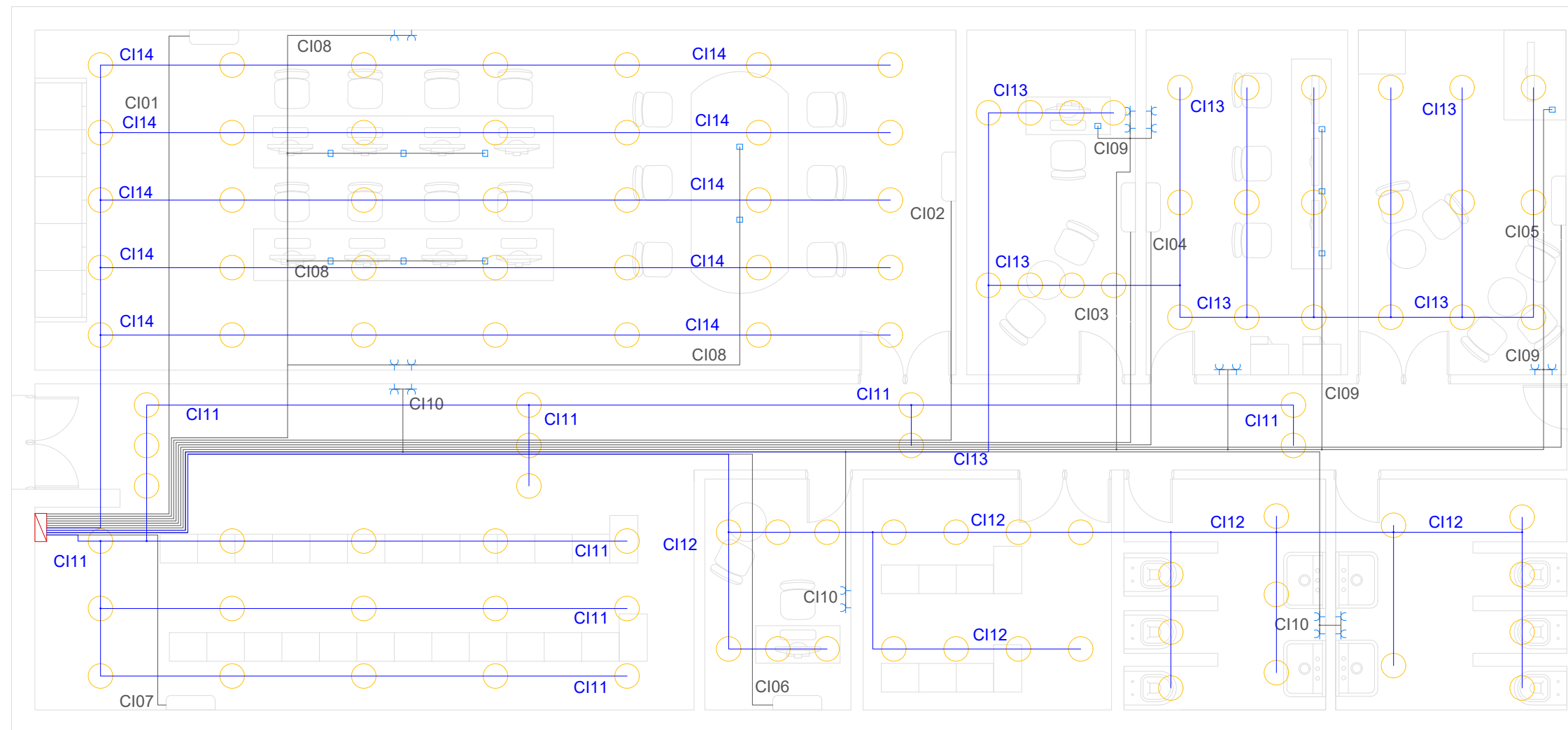
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

## PLANO DE CABLEADO EDIFICIO H



- ▭ Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⏏ Toma de corriente monofásica de pared
- Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (normal)

Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

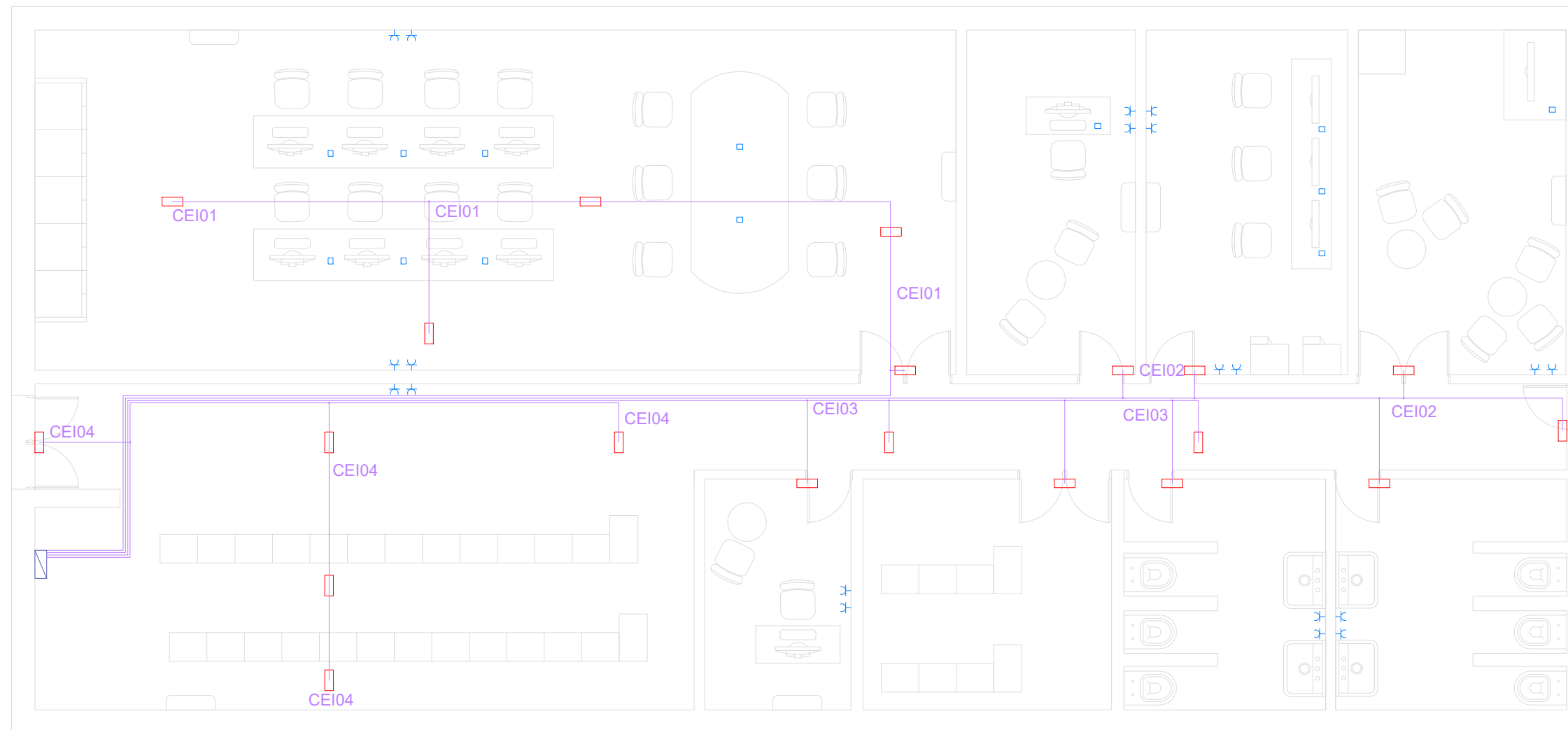
Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO I**





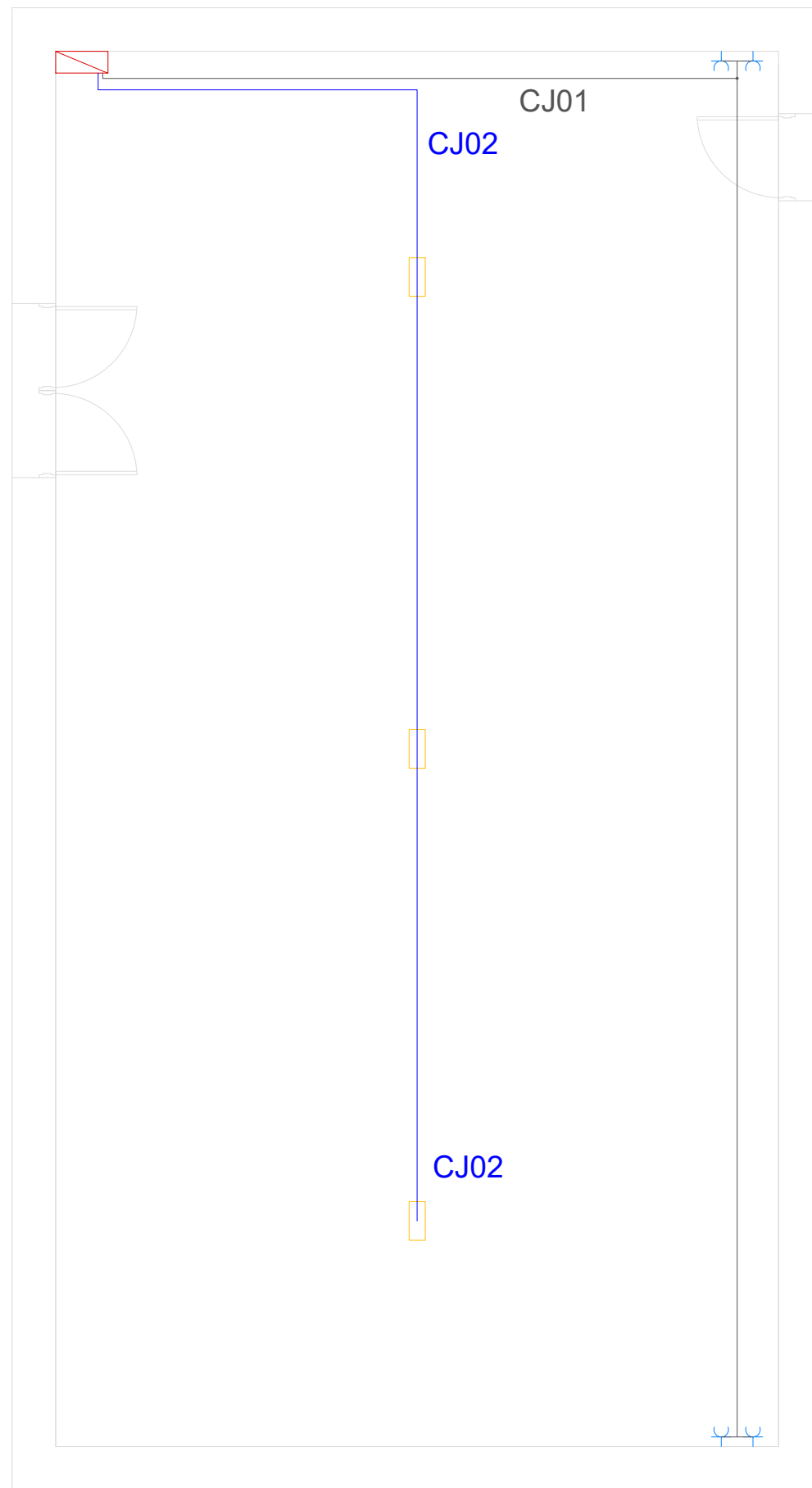
- ▭ Luminaria de emergencia
- ▭ Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ▭ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (emergencia)









Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO I**



-  Luminaria de emergencia
-  Luminaria normal
-  Luminaria normal
-  Toma de corriente monofásica de pared
-  Toma de corriente monofásica de mesa
-  Cables de fuerza
-  Cables de alumbrado normal
-  Cuadro eléctrico secundario (normal)

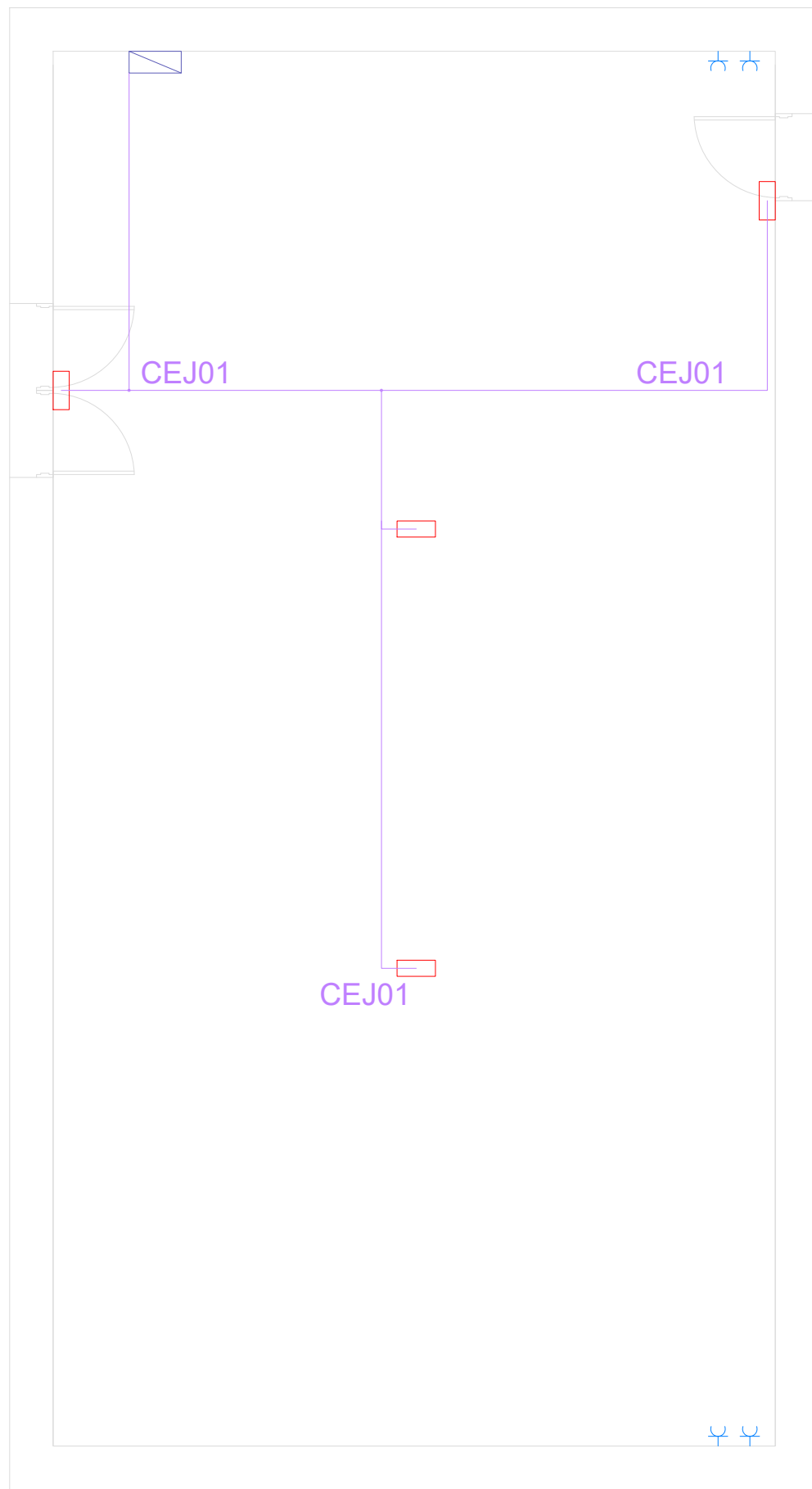
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

**Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora**

**Iñigo Lobato Martínez**

**Máster en Ingeniería Industrial**

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO J**



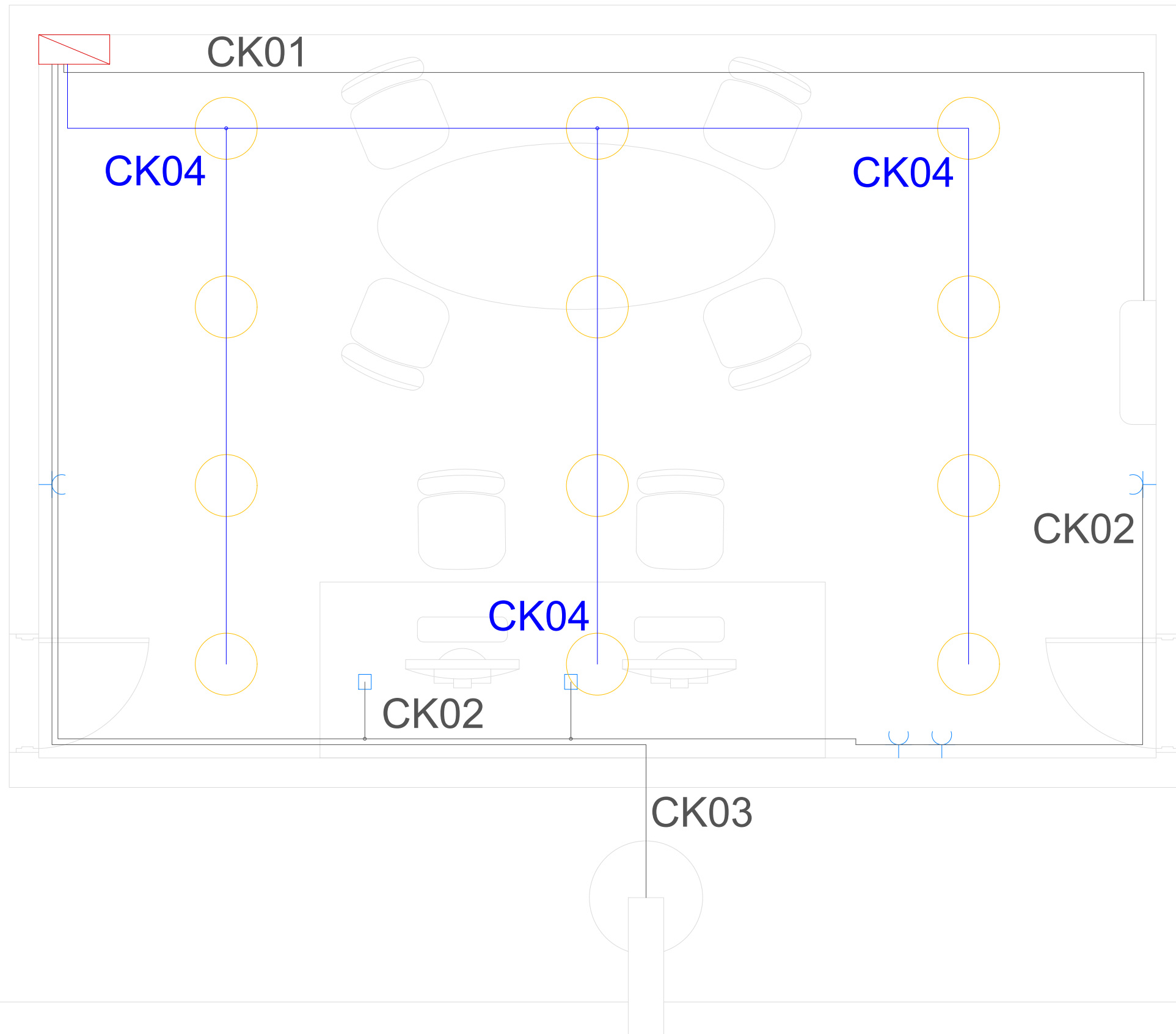
- Luminaria de emergencia
- Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ⌋ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

Instalación eléctrica de baja  
tensión de una planta  
desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO J**



- ▭ Luminaria de emergencia
- ▭ Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ▭ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado normal
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (normal)

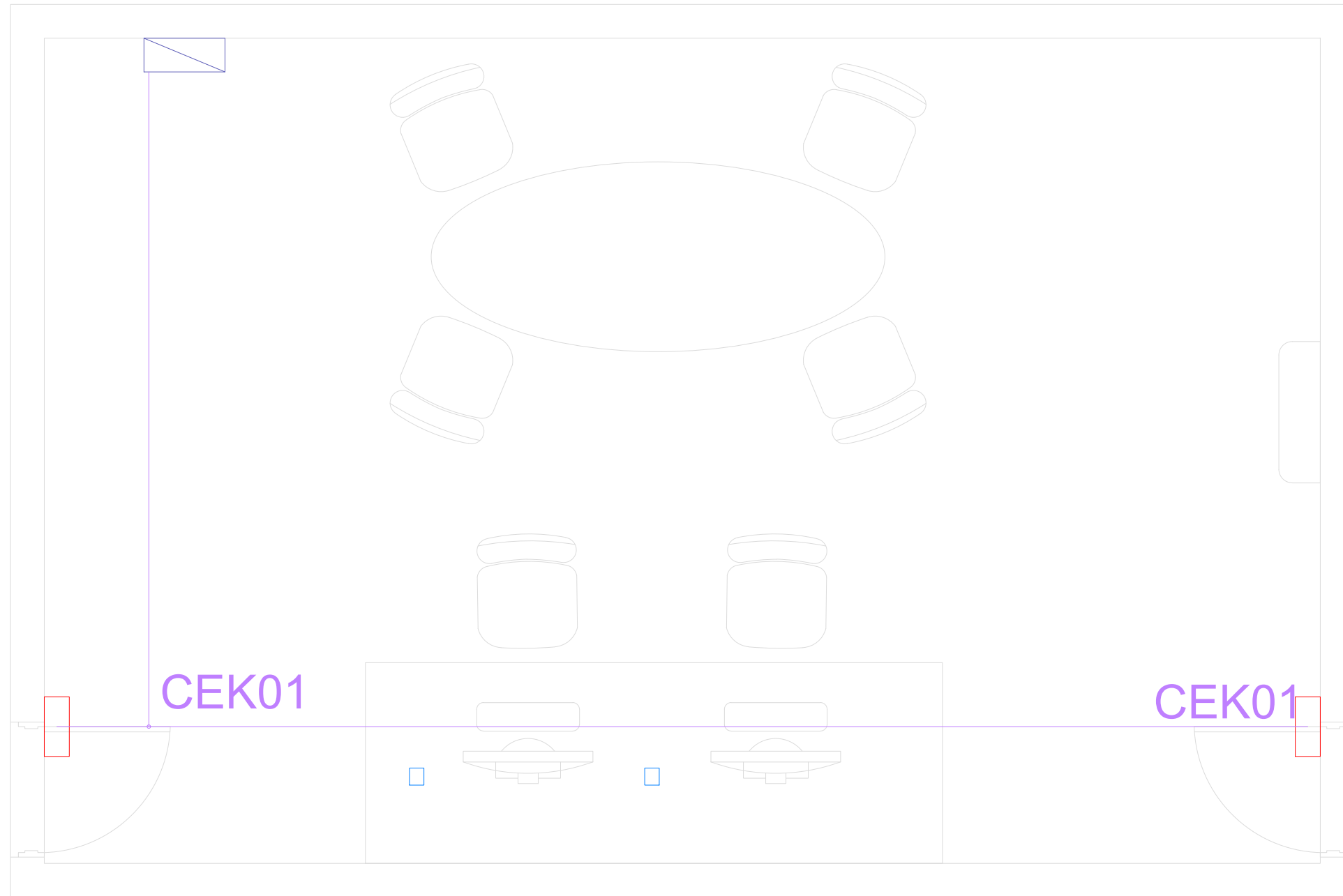
Nota: la separación entre cables no se representa en verdadera magnitud

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO  
EDIFICIO K**



- ▭ Luminaria de emergencia
- ▭ Luminaria normal
- Luminaria normal
- ⌋ Toma de corriente monofásica de pared
- ▭ Toma de corriente monofásica de mesa
- Cables de fuerza
- Cables de alumbrado de emergencia
- ▭ Cuadro eléctrico secundario (emergencia)

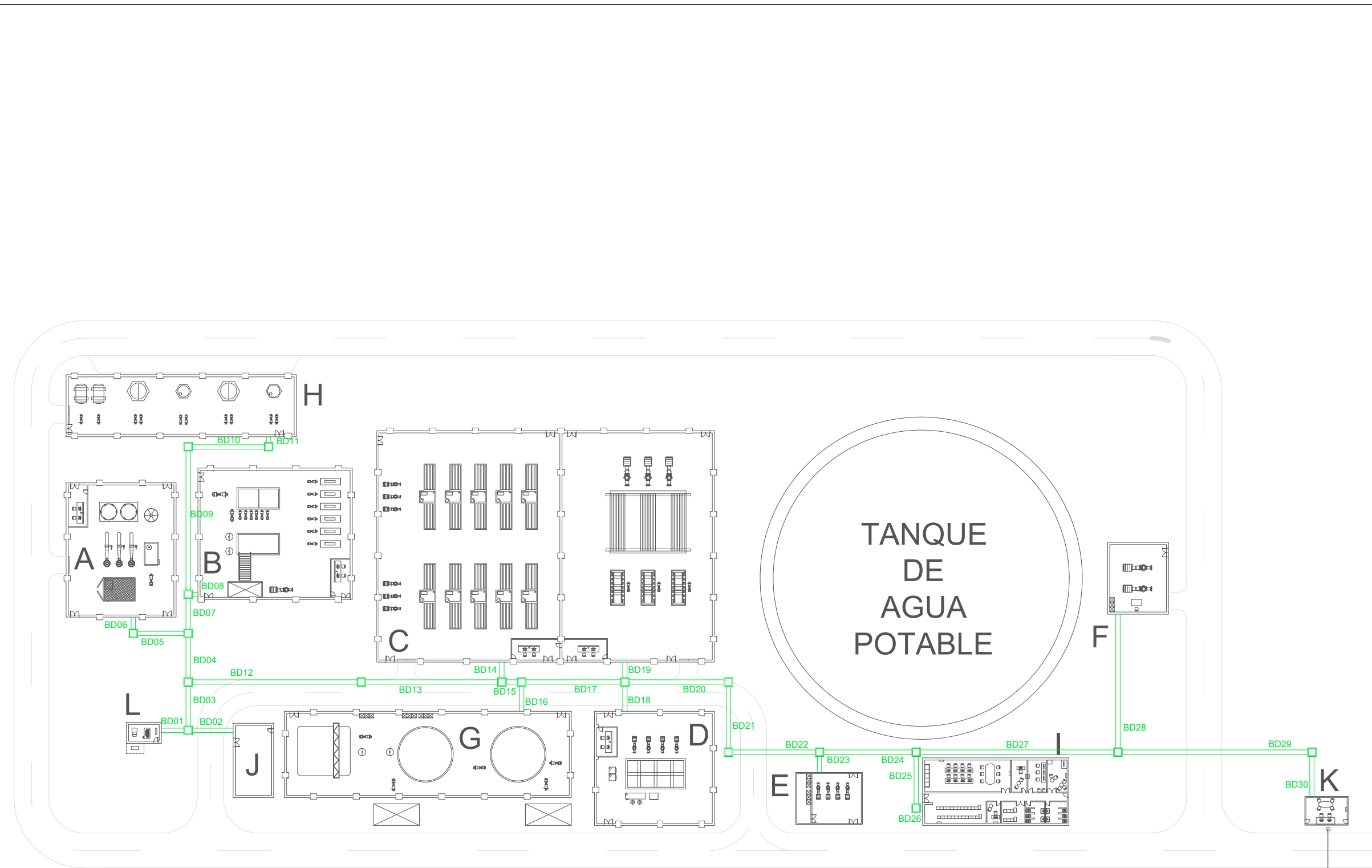
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

**PLANO DE CABLEADO EDIFICIO K**

## 6. PLANO DE CANALIZACIONES ENTERRADAS



Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

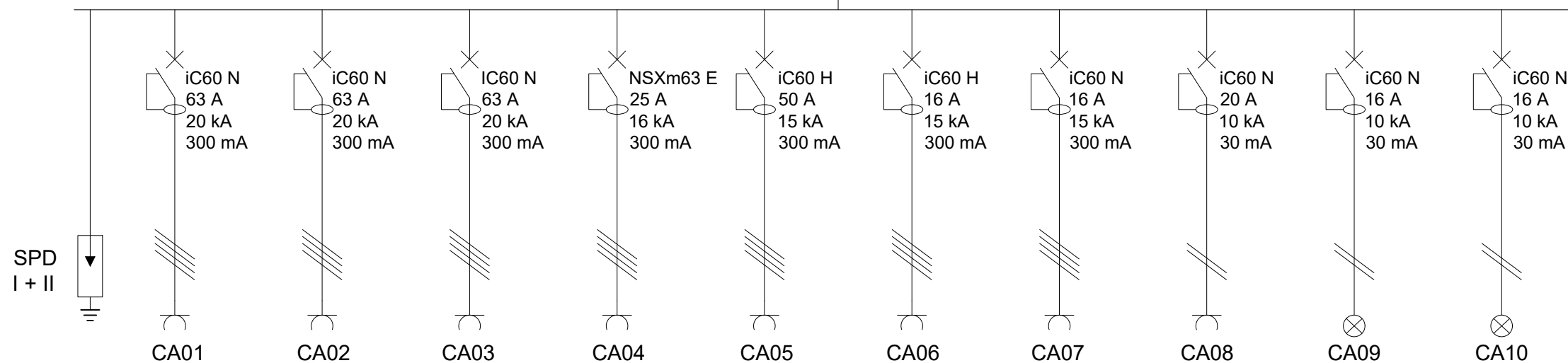
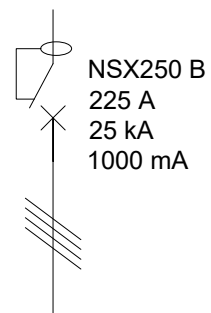
Máster en Ingeniería Industrial

PLANO DE  
CANALIZACIONES  
ENTERRADAS

## 7. ESQUEMAS UNIFILARES



Desde CGBT



## LEYENDA

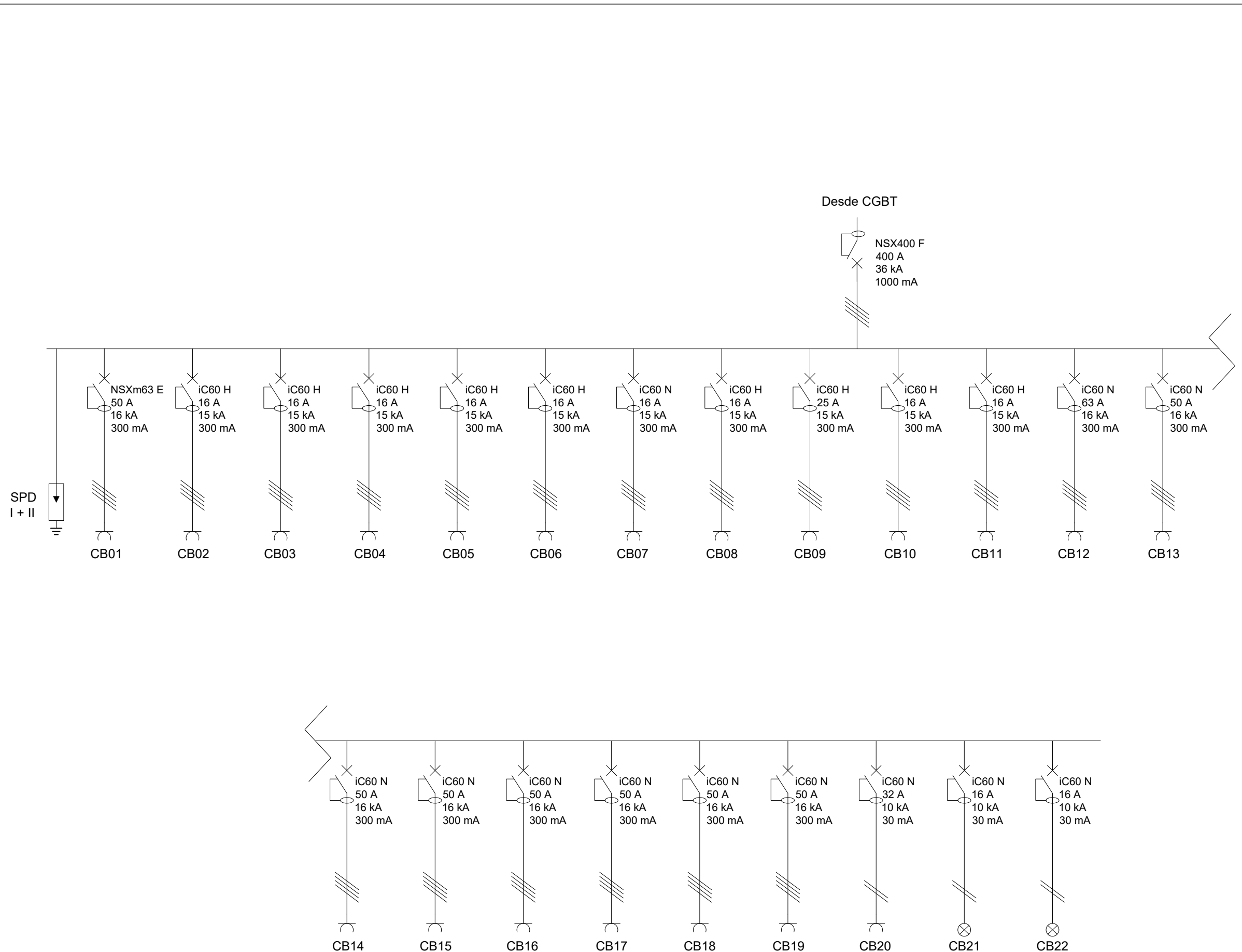
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

# Esquema Unifilar Cuadro A



## LEYENDA

- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

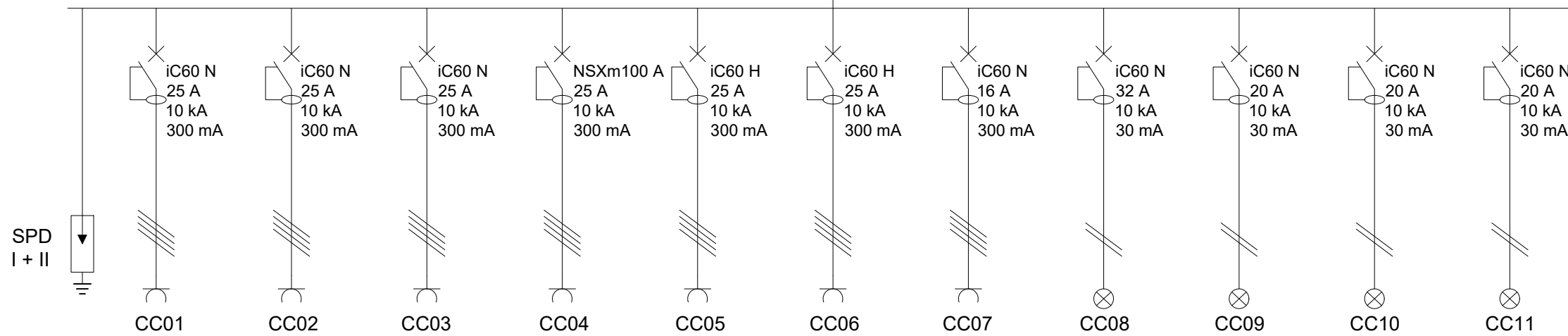
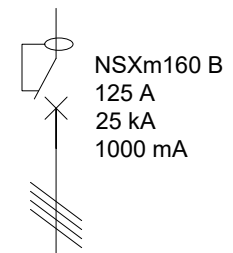
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

## Esquema Unifilar Cuadro B

Desde CGBT



## LEYENDA

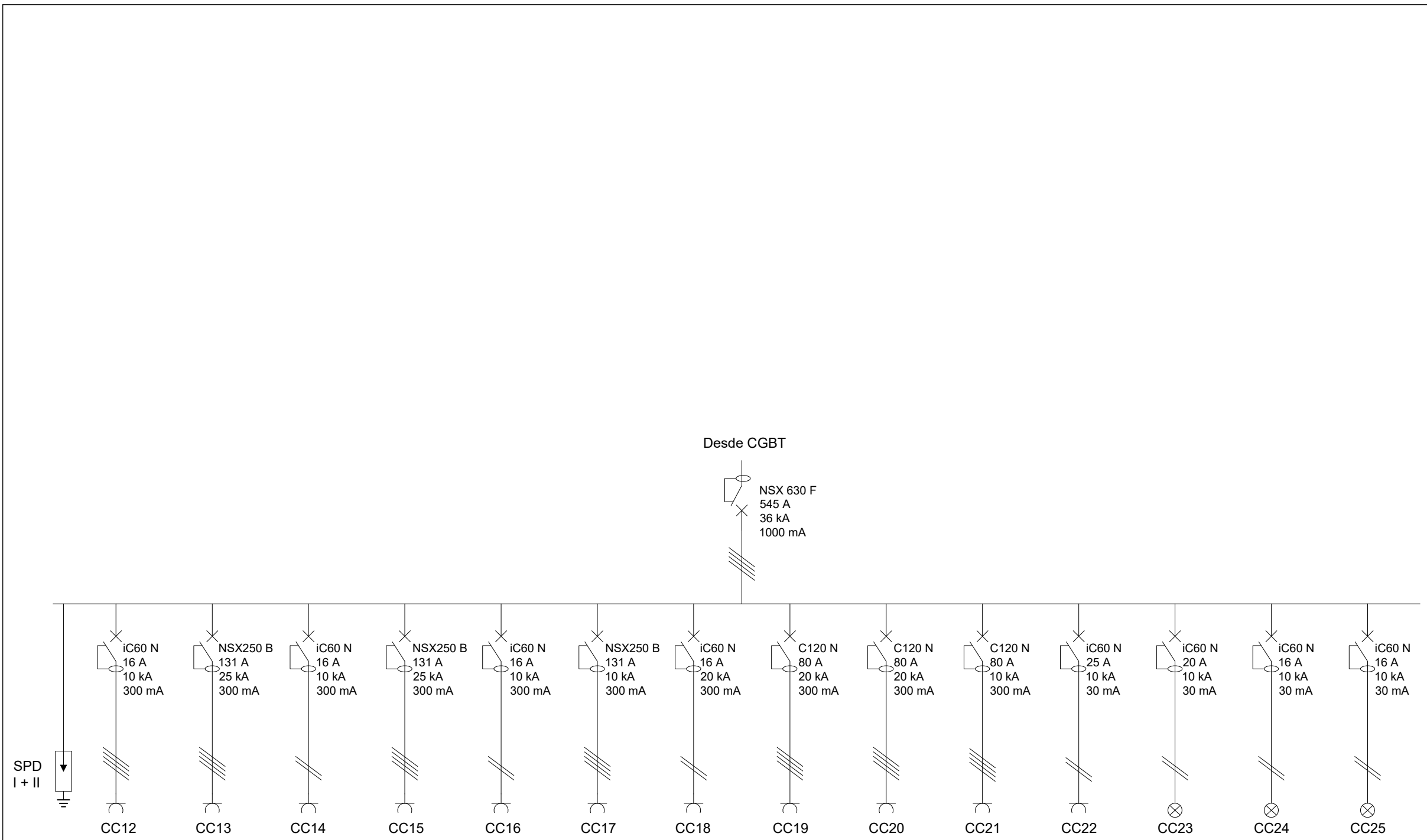
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

# Esquema Unifilar Cuadro C1



## LEYENDA

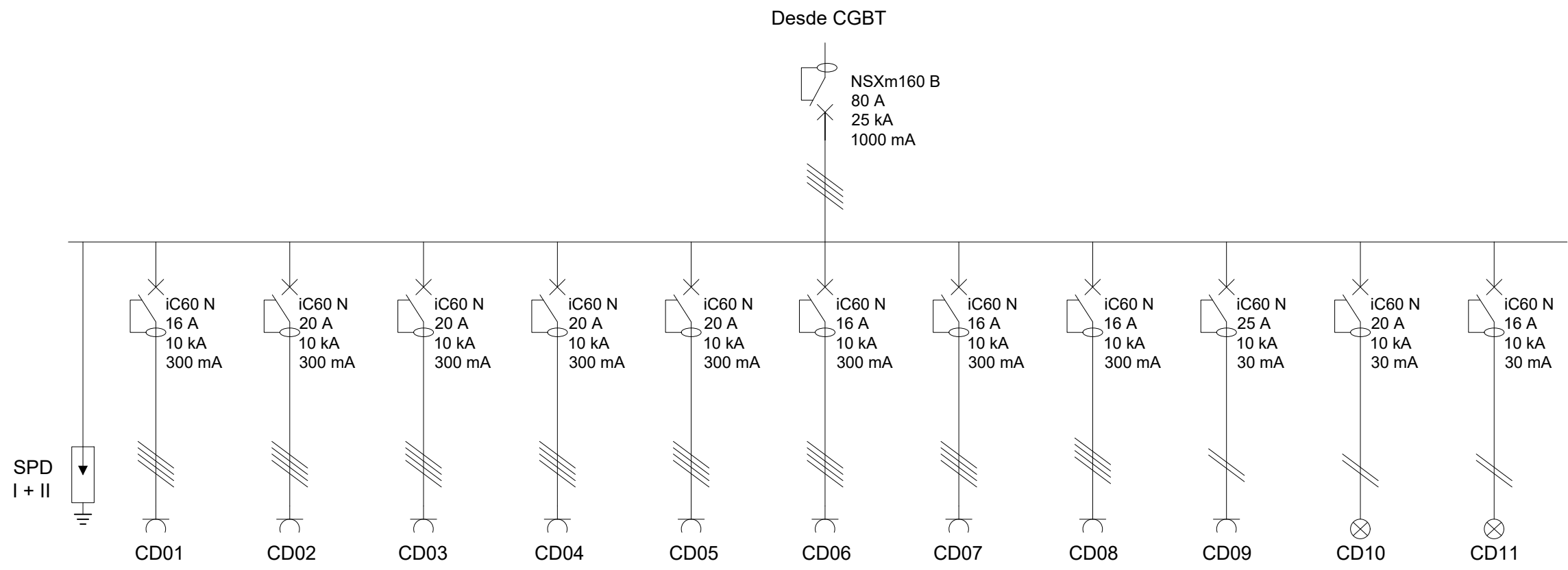
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

## Esquema Unifilar Cuadro C2



## LEYENDA

- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

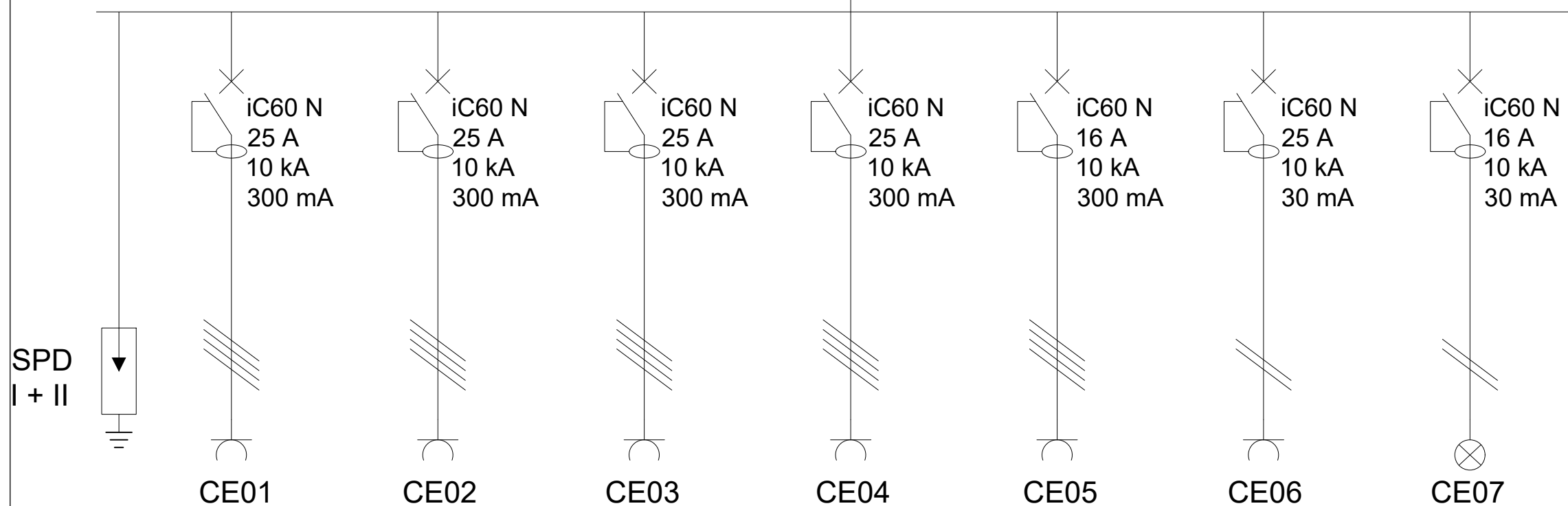
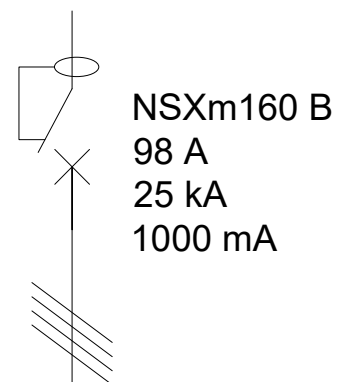
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

# Esquema Unifilar Cuadro D

Desde CGBT



## LEYENDA

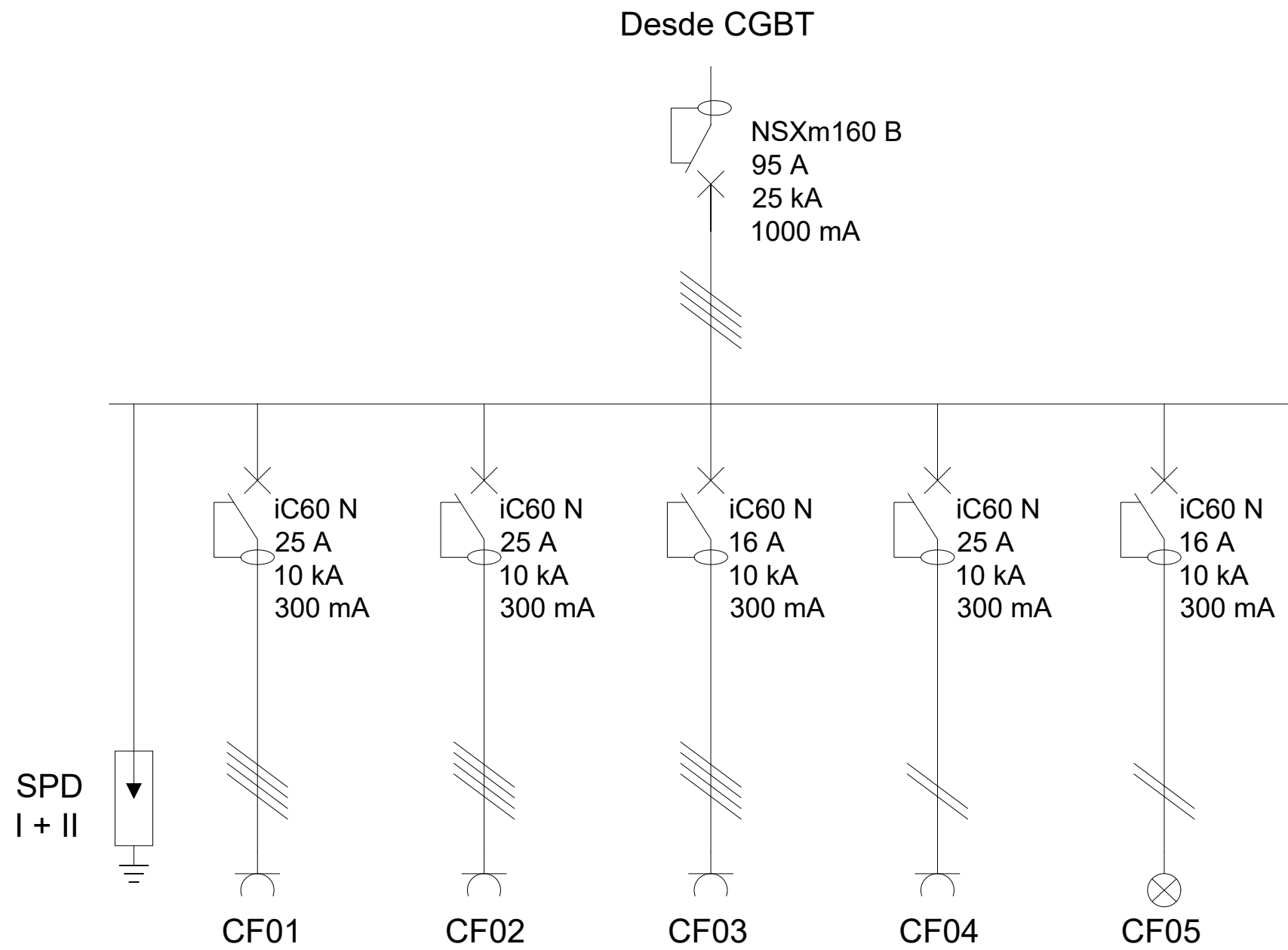
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Cuadro E



## LEYENDA

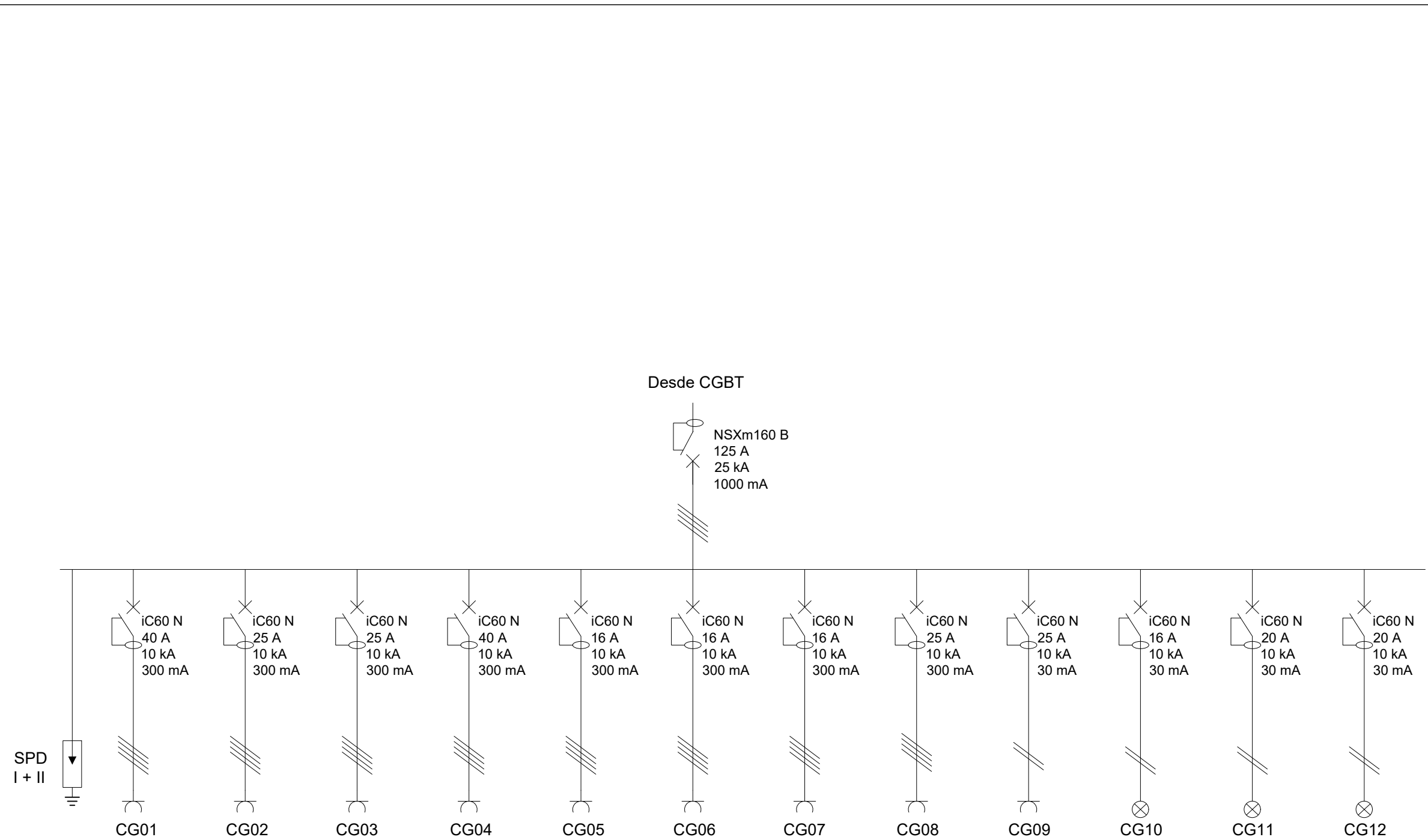
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora








Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

## Esquema Unifilar Cuadro F



## LEYENDA

-  Transformador
-  Grupo Electrónico
-  Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
-  Interruptor automático con bloque diferencial
-  Toma de fuerza
-  Alumbrado
-  Batería de condensadores

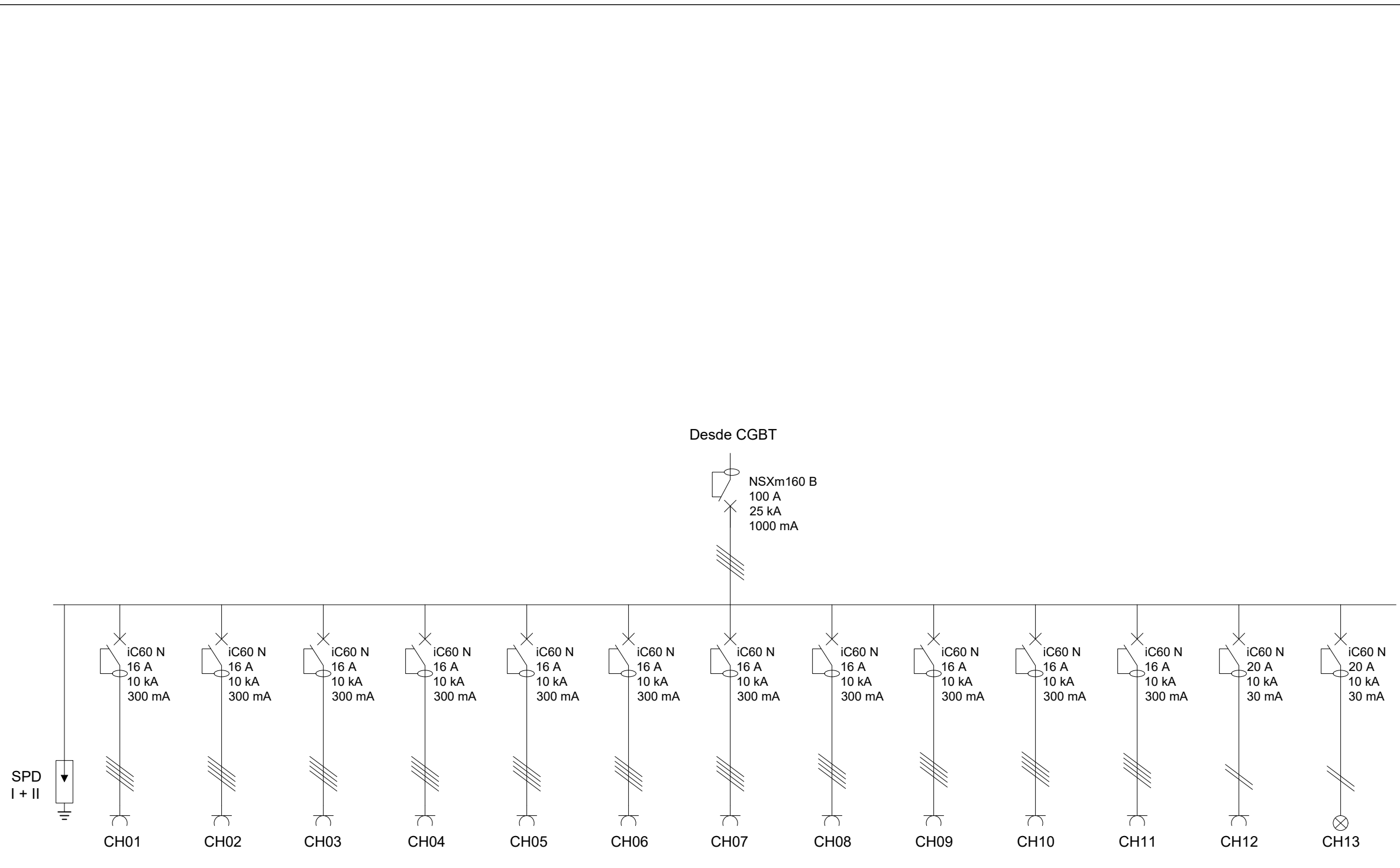
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

# Esquema Unifilar Cuadro G





### LEYENDA

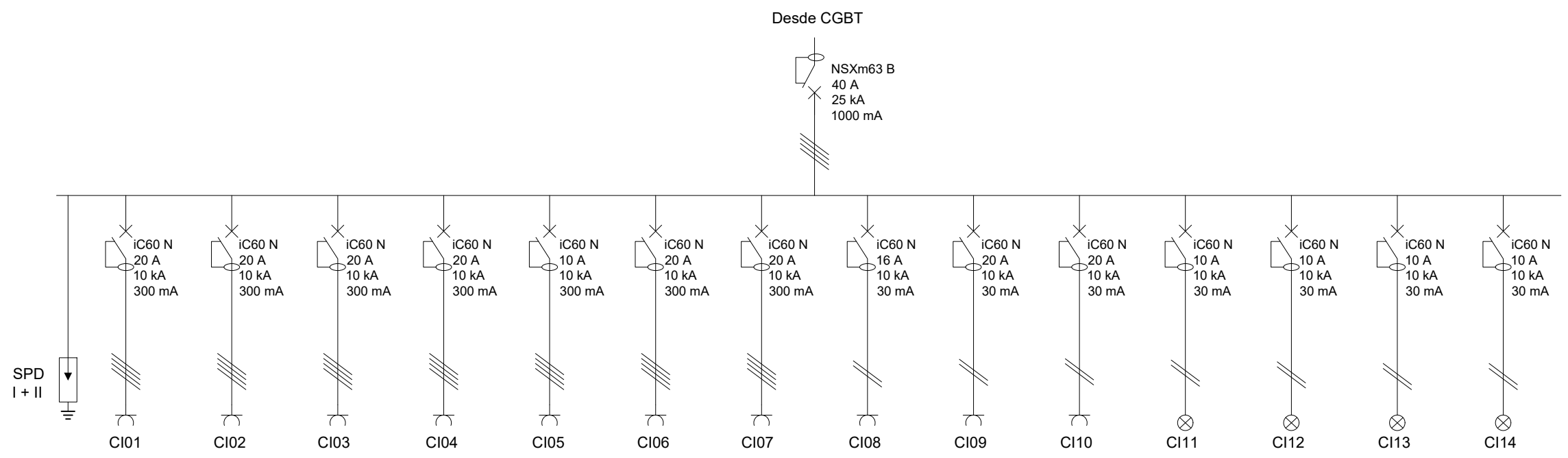
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

## Esquema Unifilar Cuadro H



## LEYENDA

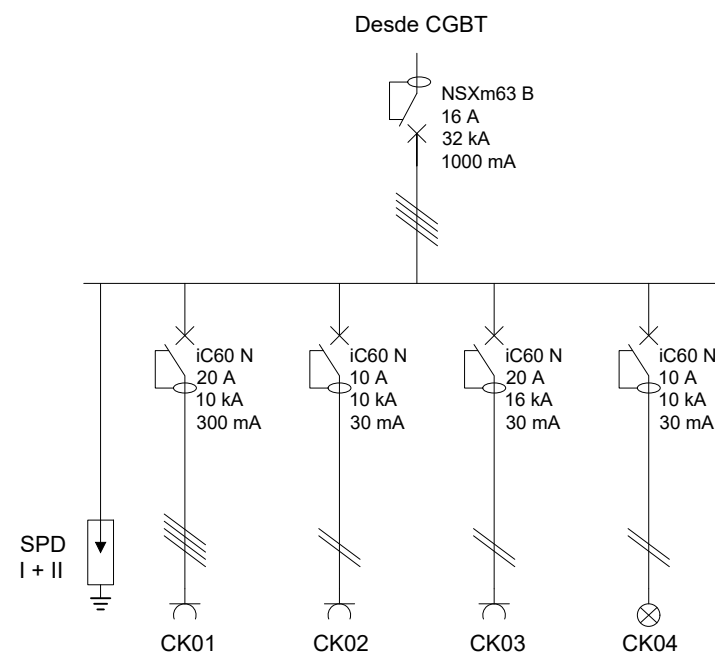
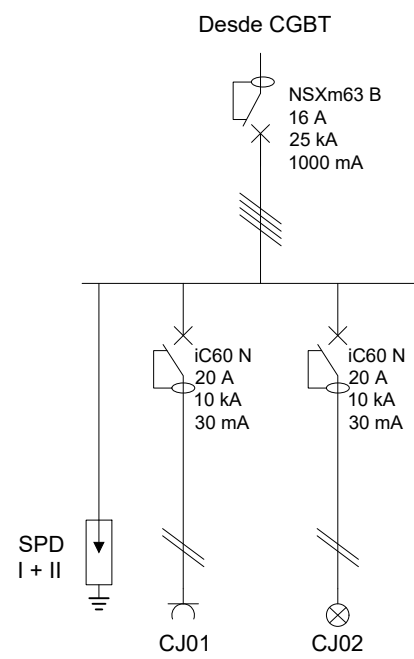
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora








Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

## Esquema Unifilar Cuadro I



## LEYENDA

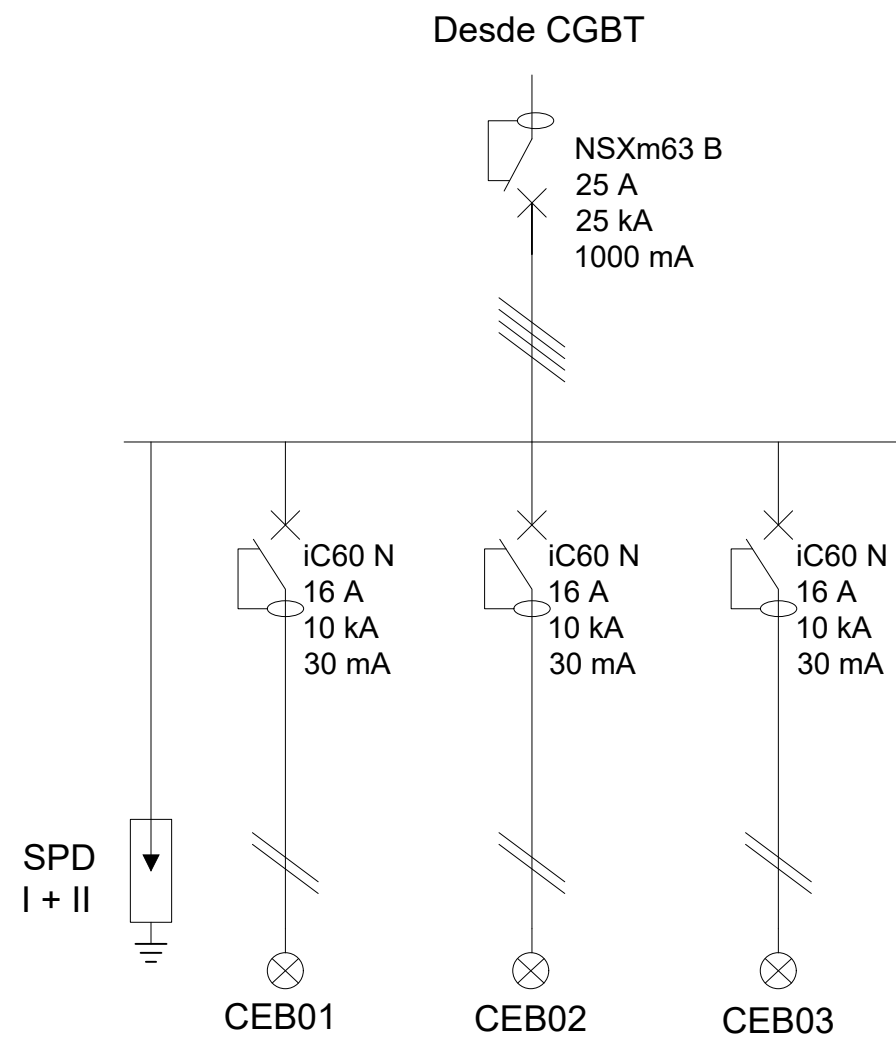
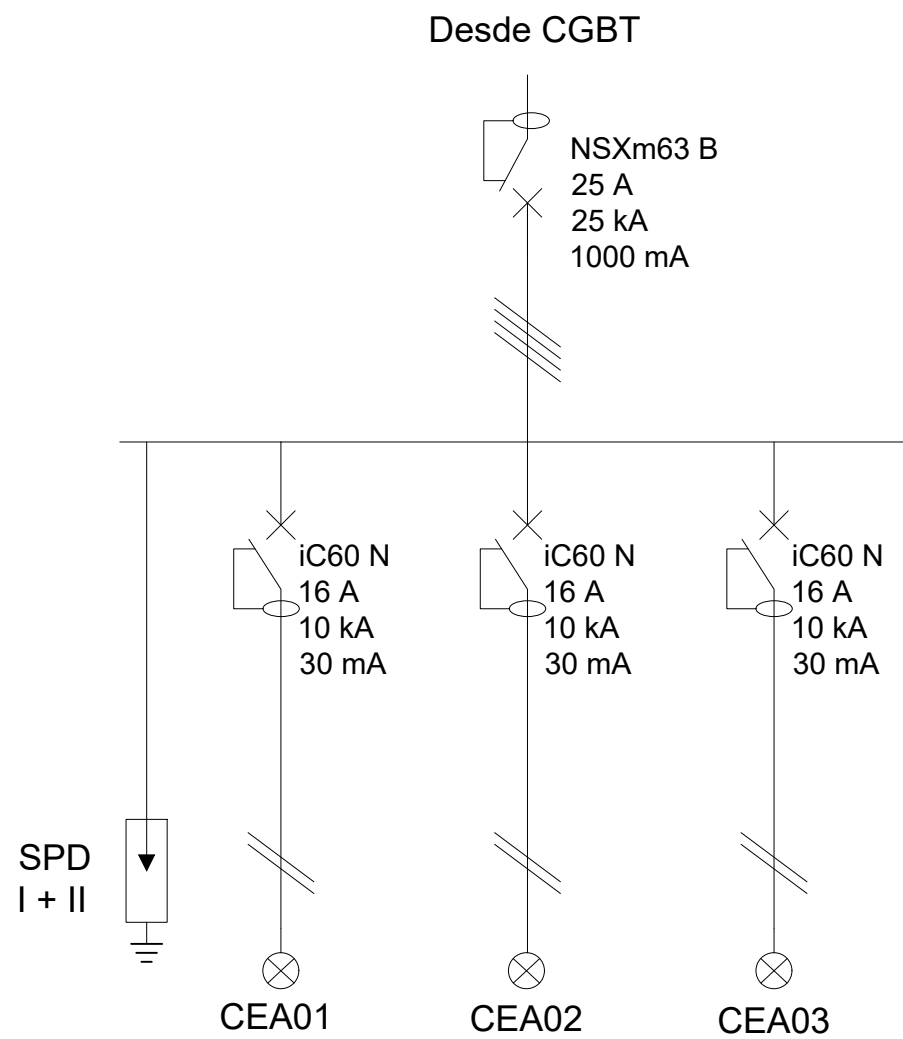
-  Transformador
-  Grupo Electrónico
-  Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
-  Interruptor automático con bloque diferencial
-  Toma de fuerza
-  Alumbrado
-  Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Cuadro J  
Cuadro K



## LEYENDA

- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

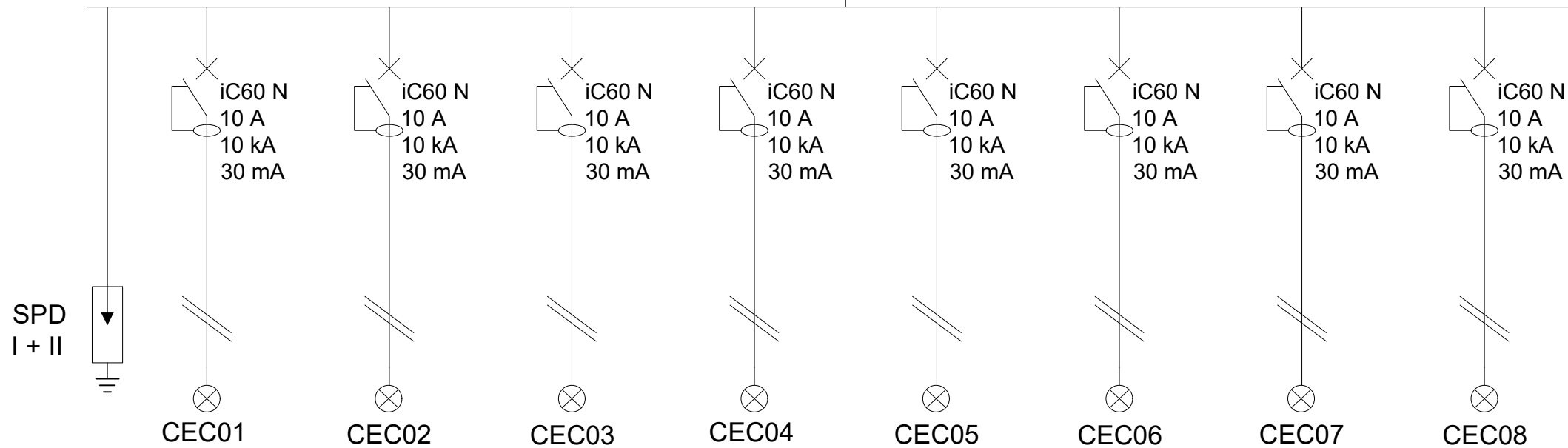
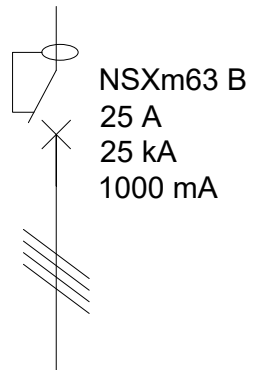
Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez








Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Cuadro EA  
Cuadro EB

Desde CGBT



## LEYENDA

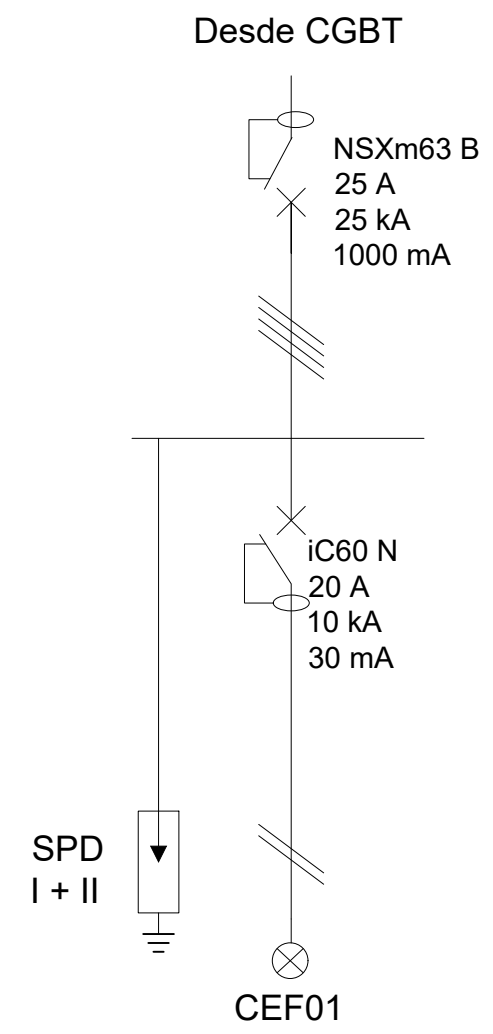
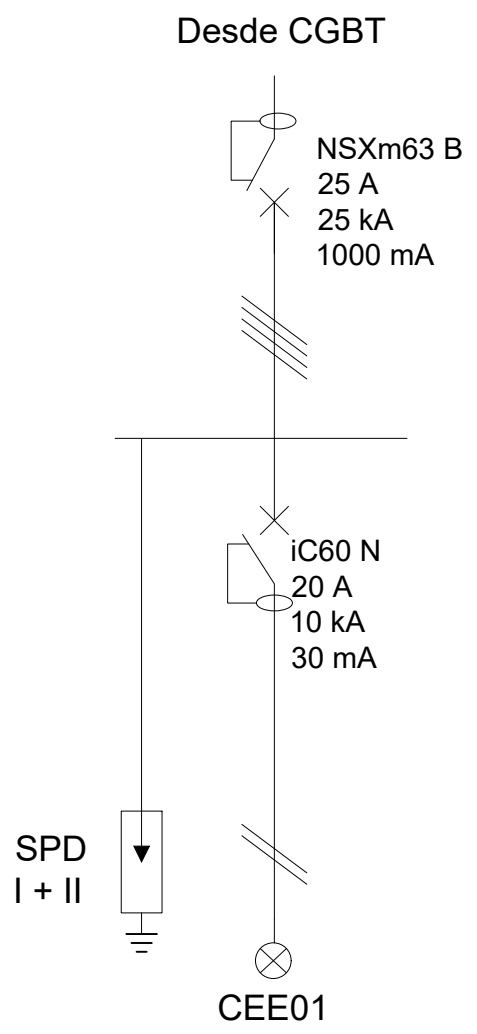
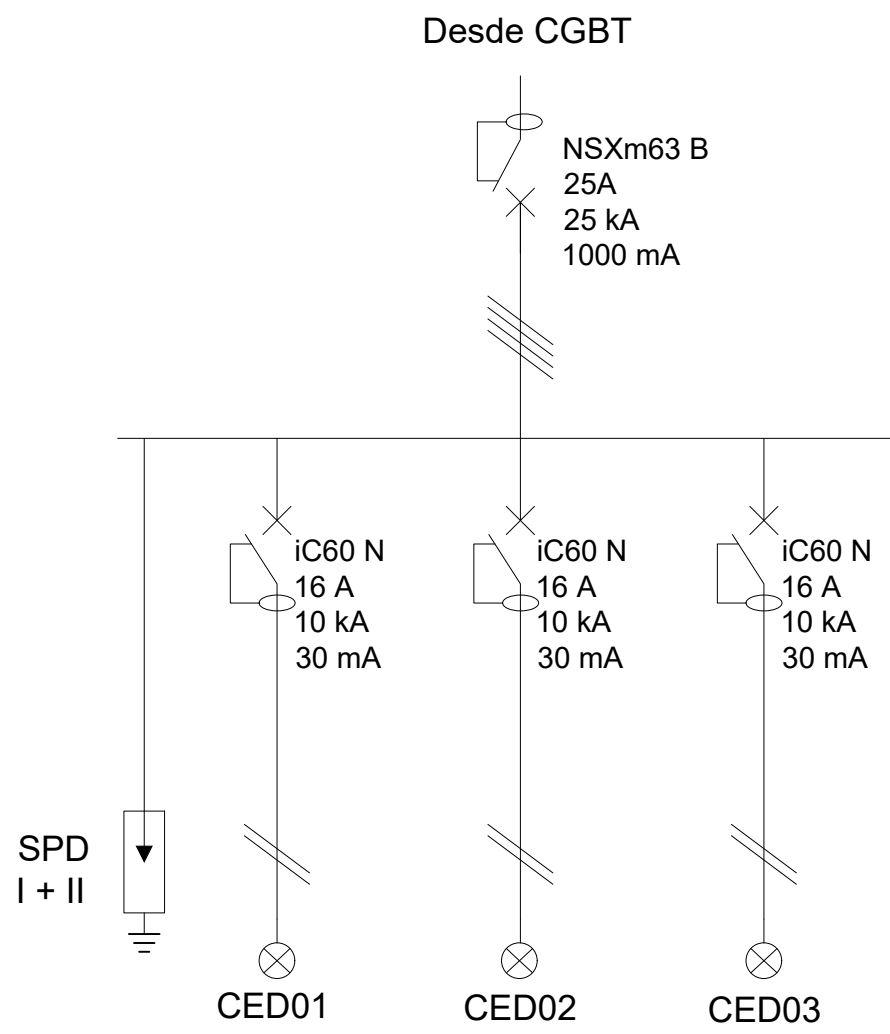
-  Transformador
-  Grupo Electrónico
-  Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
-  Interruptor automático con bloque diferencial
-  Toma de fuerza
-  Alumbrado
-  Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Cuadro EC



## LEYENDA

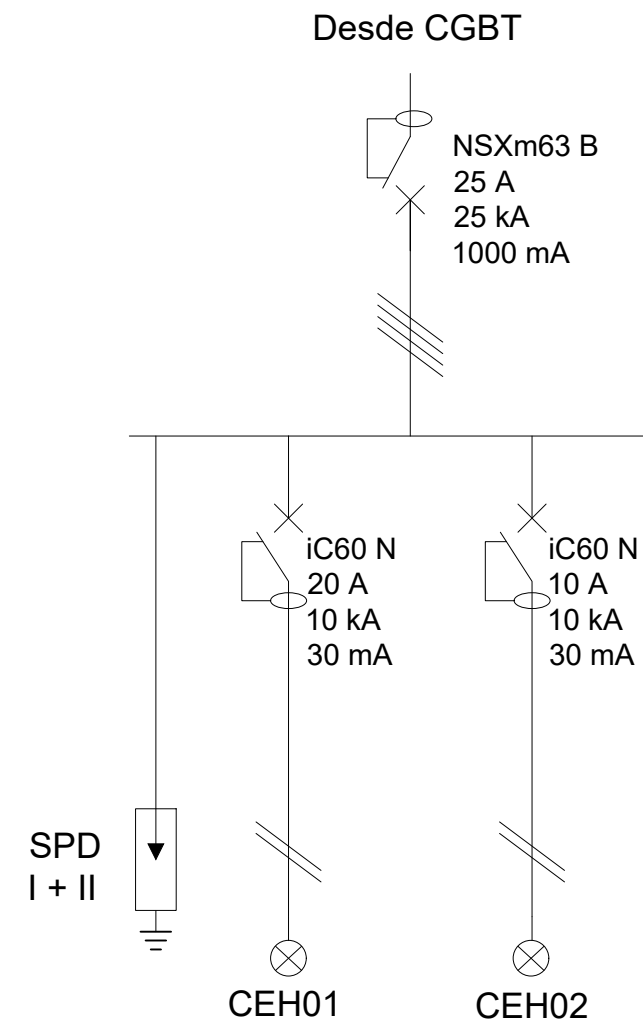
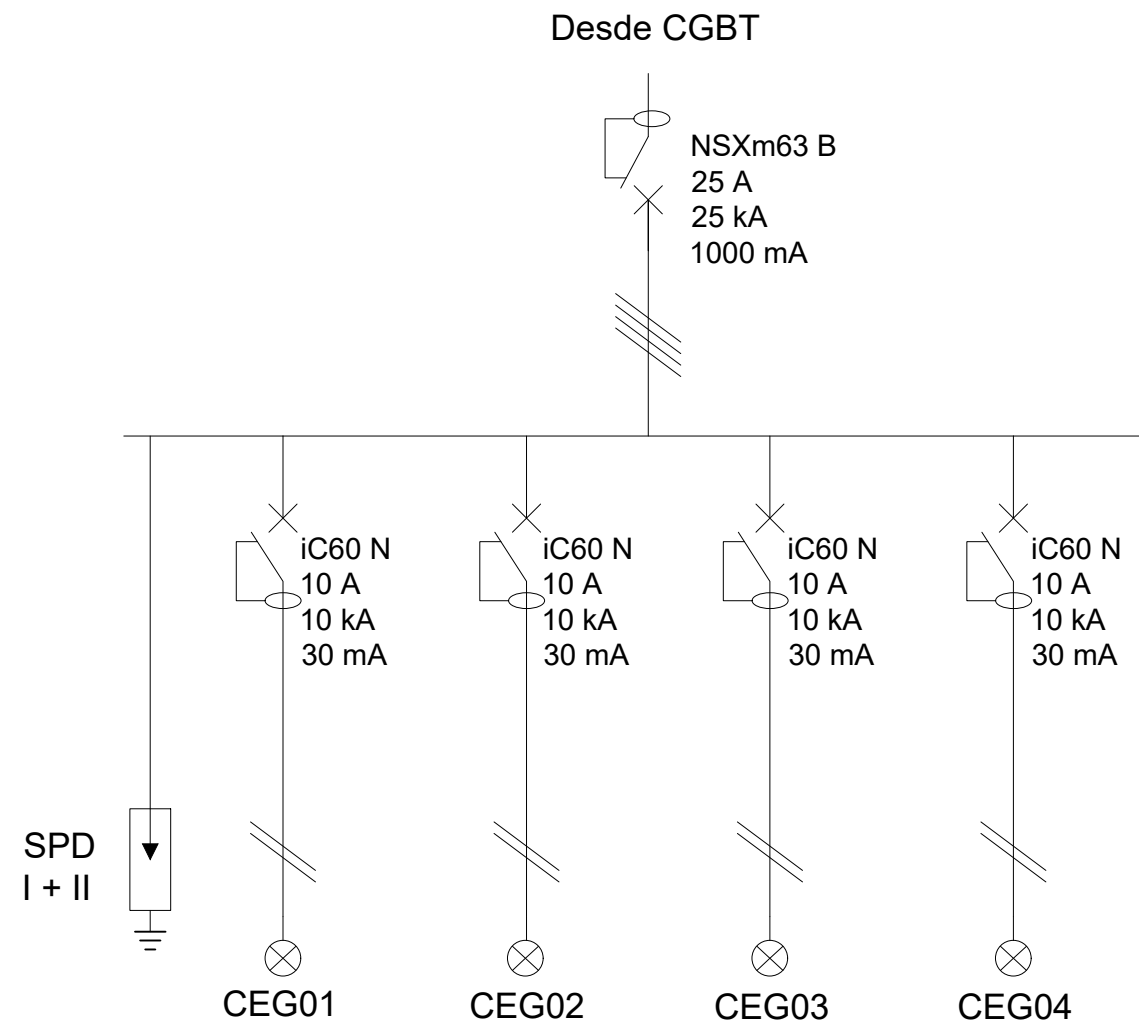
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Cuadro ED  
Cuadro EE  
Cuadro EF



## LEYENDA

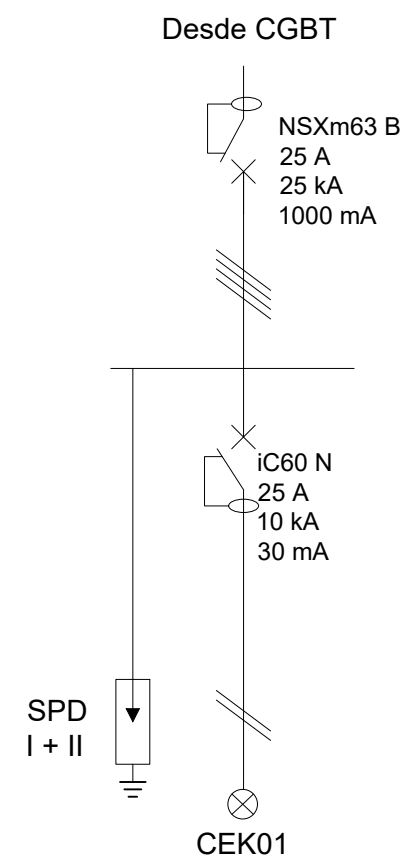
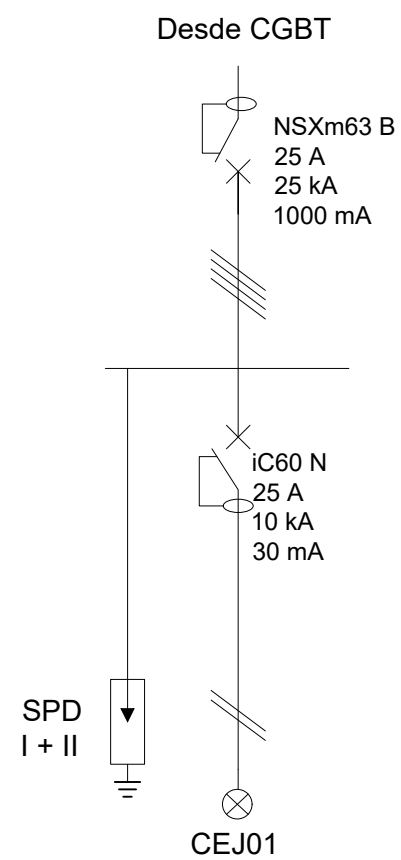
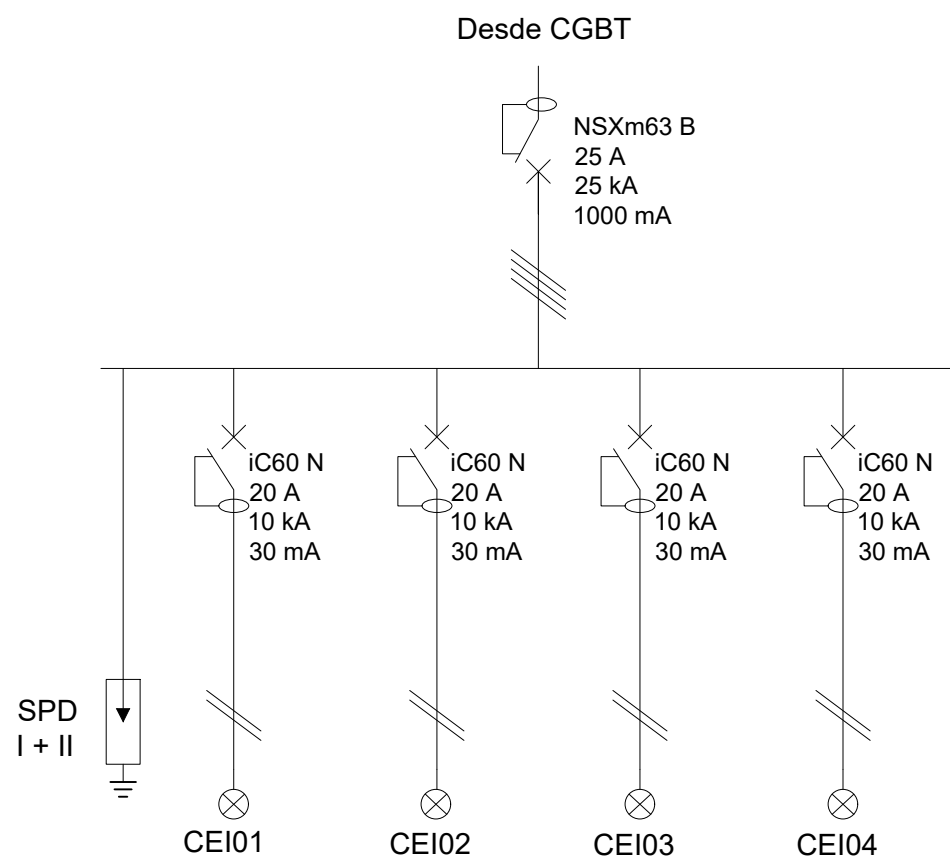
- Transformador
- Grupo Electrónico
- Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- Interruptor automático con bloque diferencial
- Toma de fuerza
- Alumbrado
- Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora








Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Cuadro EG  
Cuadro EH



## LEYENDA

-  Transformador
-  Grupo Electrónico
-  Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
-  Interruptor automático con bloque diferencial
-  Toma de fuerza
-  Alumbrado
-  Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

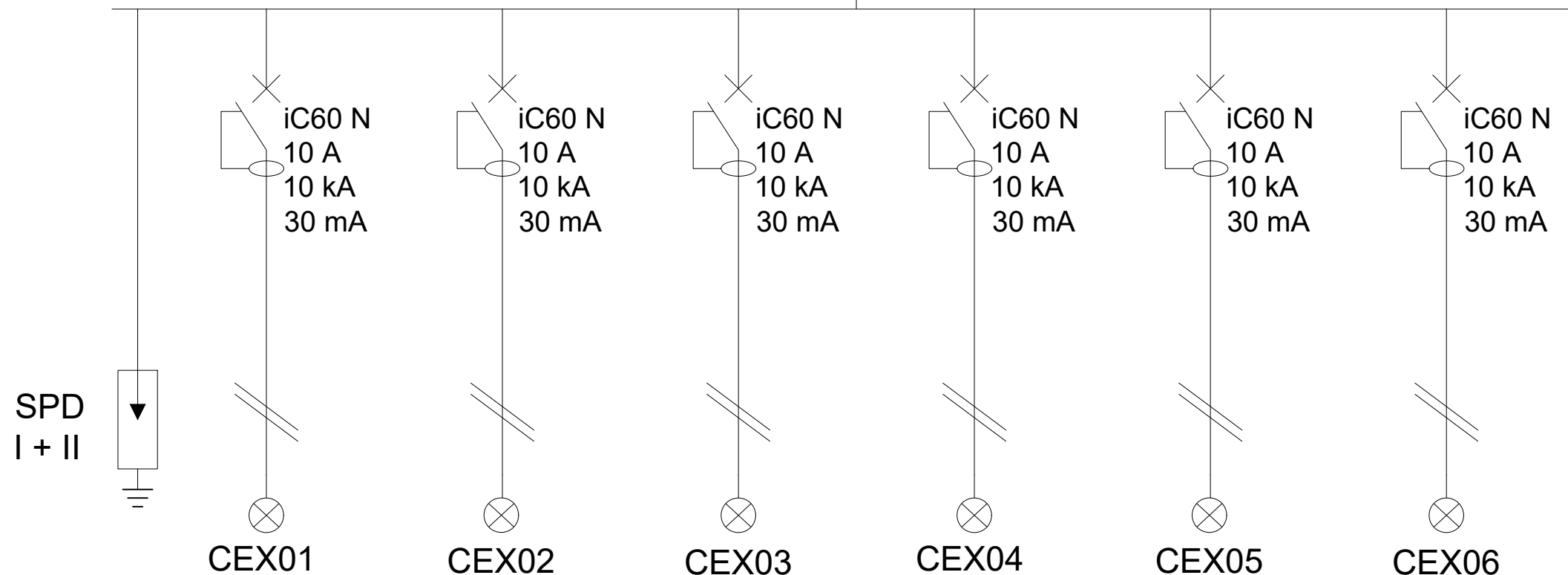
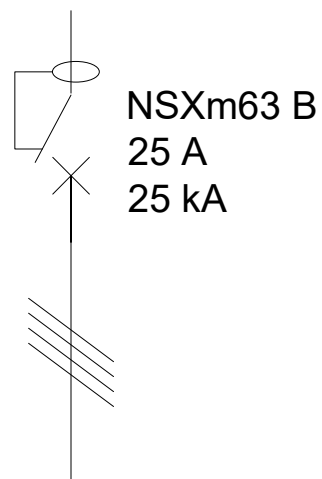
Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

Esquema Unifilar  
Cuadro EI  
Cuadro EJ  
Cuadro EK



Desde CGBT



## LEYENDA

- ⊗ Transformador
- ⊕ Grupo Electrónico
- × Interruptor automático (ACB, MCCB o MCB)
- ⊗ Interruptor automático con bloque diferencial
- ⊕ Toma de fuerza
- ⊗ Alumbrado
- ⊕ Batería de condensadores

Instalación eléctrica de baja tensión de una planta desalinizadora

Iñigo Lobato Martínez

Máster en Ingeniería Industrial

### Esquema Unifilar Cuadro EX

## MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

# DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

## ***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

*Bilbao, marzo de 2023*

# ÍNDICE

1.	CONSIDERACIONES PREVIAS .....	1
2.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	2
3.	CUADROS ELÉCTRICOS .....	3
4.	GRUPO ELECTRÓGENO.....	4
5.	CONDUCTORES.....	5
6.	CANALIZACIONES .....	6
7.	TOMAS DE CORRIENTE .....	7
8.	LUMINARIAS.....	8
9.	PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN.....	9
10.	SISTEMA DE PROTECCIÓN FRENTE A RAYOS.....	10
11.	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN .....	11
12.	BATERÍA DE CONDENSADORES .....	12
13.	SEGURIDAD Y SALUD .....	13
14.	PRESUPUESTO TOTAL.....	14

# ÍNDICE de TABLAS

Tabla 1: Presupuesto del centro de transformación.....	2
Tabla 2: Presupuesto de los cuadros eléctricos. ....	3
Tabla 3: Presupuesto del grupo electrógeno. ....	4
Tabla 4: Presupuesto de los conductores. ....	5
Tabla 5: Presupuesto de las canalizaciones. ....	6
Tabla 6: Presupuesto de las tomas de corriente.....	7
Tabla 7: Presupuesto de las luminarias.....	8
Tabla 8: Presupuesto de la puesta a tierra de protección. ....	9
Tabla 9: Presupuesto del sistema de protección frente a rayos.....	10
Tabla 10: Presupuesto de los dispositivos de protección. ....	11
Tabla 11: Presupuesto de la batería de condensadores. ....	12
Tabla 12: Presupuesto para seguridad y salud.....	13
Tabla 13: Presupuesto total. ....	14

# 1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Este documento refleja el presupuesto de la instalación eléctrica de baja tensión de la planta desalinizadora. Se han incluido los costes de todos los equipos, labores y mano de obra necesarias. Nótese que este presupuesto se realiza previo a la ejecución de las obras. Todos los precios incluyen IVA. Para más información sobre los precios, acúdase al pliego de condiciones de este proyecto.

## 2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				
Código	Unidad de proyecto	Unidades / Longitud (m)	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>1.1</b>	<b>Obra civil</b>	<b>1</b>	<b>3818.00 €</b>	<b>3818.00 €</b>
<b>1.2</b>	<b>Equipo de MT</b>	-	-	<b>43500.00 €</b>
1.2.1	Celda de línea	1	6400.00 €	6400.00 €
1.2.2	Celda de protección	1	24475.00 €	24475.00 €
1.2.3	Celda de medida	1	9875.00 €	9875.00 €
1.2.4	Puentes de MT	2	1375.00 €	2750.00 €
<b>1.3.</b>	<b>Transformador</b>	<b>1</b>	<b>32745.00 €</b>	<b>32745.00 €</b>
<b>1.4</b>	<b>Equipo de BT</b>	-	-	<b>7350.00 €</b>
1.4.1	CGBT	1	3300.00 €	3300.00 €
1.4.2	Puentes de BT	1	1300.00 €	1300.00 €
1.4.3	Equipo de medida	1	2750.00 €	2750.00 €
<b>1.5</b>	<b>Sistema de puesta a tierra</b>	-	-	<b>2516.25 €</b>
1.5.1	Tierra de protección	-	-	1591.25 €
1.5.1.1	Picas de 2 m x 14 cm	4	315.00 €	1260.00 €
1.5.1.2	Conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup>	25	13.25 €	331.25 €
1.5.2	Tierra de servicio	-	-	925.00 €
1.5.2.1	Puesta a tierra del neutro con resistencia	1	925.00 €	925.00 €
<b>1.6</b>	<b>Varios</b>	-	-	<b>11933.00 €</b>
1.6.1	Armario de telemando	1	10500.00 €	10500.00 €
1.6.2	Armario metálico	1	283.00 €	283.00 €
1.6.3	Equipos de iluminación	1	600.00 €	600.00 €
1.6.4	Equipo de seguridad y maniobra	1	550.00 €	550.00 €
<b>1.7.</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>1118.84 €</b>
1.7.1	Oficial electricista	35	19.72 €	690.20 €
1.7.2	Ayudante electricista	24	17.86 €	428.64 €
<b>TOTAL</b>				<b>102981.09 €</b>

Tabla 1: Presupuesto del centro de transformación.

### 3. CUADROS ELÉCTRICOS

CUADROS ELÉCTRICOS				
Código	Unidad de proyecto	Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>2.1</b>	<b>Cuadros secundarios</b>	-	-	<b>30900.00 €</b>
2.1.1	Cuadro A	1	2400.00 €	2400.00 €
2.1.2	Cuadro B	1	7200.00 €	7200.00 €
2.1.3	Cuadro C1	1	2500.00 €	2500.00 €
2.1.4	Cuadro C2	1	2500.00 €	2500.00 €
2.1.5	Cuadro D	1	2500.00 €	2500.00 €
2.1.6	Cuadro E	1	1900.00 €	1900.00 €
2.1.7	Cuadro F	1	1700.00 €	1700.00 €
2.1.8	Cuadro G	1	2400.00 €	2400.00 €
2.1.9	Cuadro H	1	2500.00 €	2500.00 €
2.1.10	Cuadro I	1	2800.00 €	2800.00 €
2.1.11	Cuadro J	1	1100.00 €	1100.00 €
2.1.12	Cuadro K	1	1400.00 €	1400.00 €
<b>2.2</b>	<b>Cuadros de emergencia</b>	-	-	<b>14000.00 €</b>
2.2.1	Cuadro EA	1	1200.00 €	1200.00 €
2.2.2	Cuadro EB	1	1200.00 €	1200.00 €
2.2.3	Cuadro EC1	1	2000.00 €	2000.00 €
2.2.4	Cuadro ED	1	1200.00 €	1200.00 €
2.2.5	Cuadro EE	1	900.00 €	900.00 €
2.2.6	Cuadro EF	1	900.00 €	900.00 €
2.2.7	Cuadro EG	1	1200.00 €	1200.00 €
2.2.8	Cuadro EH	1	1000.00 €	1000.00 €
2.2.9	Cuadro EI	1	1200.00 €	1200.00 €
2.2.10	Cuadro EJ	1	900.00 €	900.00 €
2.2.11	Cuadro EK	1	900.00 €	900.00 €
2.2.12	Cuadro EX	1	1400.00 €	1400.00 €
<b>2.3</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>8417.92 €</b>
2.3.1	Oficial electricista	224	19.72 €	4417.28 €
2.3.2	Ayudante electricista	224	17.86 €	4000.64 €
<b>TOTAL</b>				<b>53317.92 €</b>

Tabla 2: Presupuesto de los cuadros eléctricos.

## 4. GRUPO ELECTRÓGENO

GRUPO ELECTRÓGENO				
Código	Unidad de proyecto	Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>3.1</b>	<b>Grupo eléctrico insonorizado</b>	<b>1</b>	<b>7660.00 €</b>	<b>7660.00 €</b>
<b>3.2.</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>11.81 €</b>
3.2.1	Oficial electricista	0.3	20.48 €	6.14 €
3.2.2	Ayudante electricista	0.3	18.88 €	5.66 €
<b>TOTAL</b>				<b>7671.81 €</b>

Tabla 3: Presupuesto del grupo eléctrico.



## 5. CONDUCTORES

CONDUCTORES				
Código	Unidad de proyecto	Longitud (m)	Precio por unidad (€/m)	Precio total (€)
<b>4.1</b>	<b>Cables RZ1-K (AS)</b>	-	-	<b>25453.40 €</b>
4.1.1	Cables de 2 conductores	-	-	9414.90 €
4.1.1.1	Cables de sección 2.5 mm <sup>2</sup>	2770	1.40 €	3878.00 €
4.1.1.2	Cables de sección 4 mm <sup>2</sup>	735	2.04 €	1499.40 €
4.1.1.3	Cables de sección 6 mm <sup>2</sup>	720	2.55 €	1836.00 €
4.1.1.4	Cables de sección 10 mm <sup>2</sup>	595	3.70 €	2201.50 €
4.1.2	Cables de 4 conductores	-	-	16038.50 €
4.1.2.1	Cables de sección 2.5 mm <sup>2</sup>	1615	2.15 €	3472.25 €
4.1.2.2	Cables de sección 4 mm <sup>2</sup>	100	3.08 €	308.00 €
4.1.2.3	Cables de sección 6 mm <sup>2</sup>	2525	3.85 €	9721.25 €
4.1.2.4	Cables de sección 10 mm <sup>2</sup>	430	5.90 €	2537.00 €
<b>4.2</b>	<b>Cables RZ1-AI (AS)</b>	-	-	<b>78056.19 €</b>
4.2.1	Cables de 2 conductores	-	-	1053.00 €
4.2.1.1	Cables de sección 25 mm <sup>2</sup>	180	5.85 €	1053.00 €
4.2.2	Cables de 4 conductores	-	-	77003.19 €
4.2.2.1	Cables de sección 25 mm <sup>2</sup>	625	8.29 €	5180.00 €
4.2.2.2	Cables de sección 35 mm <sup>2</sup>	100	11.98 €	1198.40 €
4.2.2.3	Cables de sección 70 mm <sup>2</sup>	265	23.30 €	6175.30 €
4.2.2.4	Cables de sección 95 mm <sup>2</sup>	270	29.02 €	7835.94 €
4.2.2.5	Cables de sección 120 mm <sup>2</sup>	185	37.63 €	6961.92 €
4.2.2.6	Cables de sección 150 mm <sup>2</sup>	285	47.21 €	13454.28 €
4.2.2.7	Cables de sección 400 mm <sup>2</sup>	250	54.78 €	13693.75 €
4.2.2.8	Cables de sección 500 mm <sup>2</sup>	360	62.51 €	22503.60 €
<b>4.3</b>	<b>Cables RZ1FZ1-K (AS)</b>	-	-	<b>32433.30 €</b>
4.3.1	Cables de sección 6 mm <sup>2</sup>	470	8.44 €	3966.80 €
4.3.2	Cables de sección 10 mm <sup>2</sup>	730	12.33 €	9000.90 €
4.3.3	Cables de sección 25 mm <sup>2</sup>	880	22.12 €	19465.60 €
<b>4.4</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>8747.60 €</b>
4.4.1	Oficial electricista	190	19.72 €	3746.80 €
4.4.2	Ayudante electricista	280	17.86 €	5000.80 €
<b>TOTAL</b>				<b>144690.49 €</b>

Tabla 4: Presupuesto de los conductores.

## 6. CANALIZACIONES

CANALIZACIONES				
Código	Unidad de proyecto	Longitud (m) / Unidades	Precio por unidad (€/m)	Precio total (€)
<b>5.1</b>	<b>Tubos de PVC</b>	-	-	<b>20773.86 €</b>
5.1.1	Tubos de D = 40 mm	2817	1.26 €	3549.42 €
5.5.2	Tubos de D = 63 mm	480	1.44 €	691.20 €
5.5.3	Tubos de D = 110 mm	2855	2.53 €	7223.15 €
5.5.4	Tubos de D = 160 mm	383	4.99 €	1911.17 €
5.1.5	Tubos de D = 200 mm	683	7.24 €	4944.92 €
5.1.6	Tubos de D = 250 mm	300	8.18 €	2454.00 €
<b>5.2</b>	<b>Bandeja perforada</b>	-	-	<b>141077.67 €</b>
5.2.1	Bandejas de ancho 50 mm	120	59.45 €	7134.00 €
5.2.2	Bandejas de ancho 100 mm	643	107.27 €	68974.61 €
5.2.3	Bandejas de ancho 150 mm	378	155.22 €	58673.16 €
5.2.4	Accesorio para unión tipo "T" (100 - 50 cm)	110	12.25 €	1347.50 €
5.2.5	Accesorio para unión tipo "T" (150 - 50 cm)	48	15.85 €	760.80 €
5.2.6	Accesorio para unión tipo "T" (150 - 100 cm)	140	20.14 €	2819.60 €
5.2.7	Elementos de anclaje y sujección	1140	1.20 €	1368.00 €
<b>5.3</b>	<b>Obra civil (Arquetas, cubiertas de hormigón)</b>	<b>1</b>	<b>8000.00 €</b>	<b>8000.00 €</b>
<b>5.4</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>8747.60 €</b>
5.4.1	Oficial electricista	190	19.72 €	3746.80 €
5.4.2	Ayudante electricista	280	17.86 €	5000.80 €
<b>TOTAL</b>				<b>178599.13 €</b>

Tabla 5: Presupuesto de las canalizaciones.

## 7. TOMAS DE CORRIENTE

TOMAS DE CORRIENTE				
Código	Unidad de proyecto	Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
6.1	Tomas de corriente monofásicas de pared tipo Schuko de 16 A a 230 V	133	18.52 €	2463.16 €
6.2	Tomas de corriente monofásicas de escritorio	33	24.36 €	803.88 €
6.3	Mano de obra	-	-	1174.28 €
6.3.1	Oficial electricista	36	19.72 €	709.92 €
6.3.2	Ayudante electricista	26	17.86 €	464.36 €
<b>TOTAL</b>				<b>4441.32 €</b>

Tabla 6: Presupuesto de las tomas de corriente.

## 8. LUMINARIAS

LUMINARIAS				
Código	Unidad de proyecto	Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>7.1</b>	<b>Alumbrado normal - interior</b>	-	-	<b>14913.00 €</b>
7.1.1	RIO - 31W 5000K CRI90 60D	202	50.50 €	10201.00 €
7.1.2	Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C	124	38.00 €	4712.00 €
<b>7.2</b>	<b>Alumbrado normal - exterior</b>	-	-	<b>18880.00 €</b>
7.2.1	STARBEAM ECO - ROADWAY DISTRIBUTION SB19679	118	160.00 €	18880.00 €
<b>7.3</b>	<b>Alumbrado de emergencia</b>	-	-	<b>3625.00 €</b>
7.3.1	EATON Safelite SL3MNM65F1C3A	145	25.00 €	3625.00 €
<b>7.4</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>1484.60 €</b>
7.4.1	Oficial electricista	30	19.72 €	591.60 €
7.4.2	Ayudante electricista	50	17.86 €	893.00 €
<b>TOTAL</b>				<b>38902.60 €</b>

Tabla 7: Presupuesto de las luminarias.

## 9. PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN				
Código	Unidad de proyecto	Longitud (m) / Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>8.1</b>	<b>Malla de tierra (conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>)</b>	<b>1000</b>	<b>8.54 €</b>	<b>8540.00 €</b>
<b>8.2</b>	<b>Conductores de enlace</b>	-	-	<b>15320.90 €</b>
8.2.1	Conductor de cobre aislado de 35 mm <sup>2</sup>	2000	5.74 €	11480.00 €
8.2.2	Soldadura aluminotérmica para conexión con partes metálicas	930	4.13 €	3840.90 €
<b>8.3</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>1484.60 €</b>
8.3.1	Oficial electricista	30	19.72 €	591.60 €
8.3.2	Ayudante electricista	50	17.86 €	893.00 €
	<b>TOTAL</b>			<b>64248.10 €</b>

Tabla 8: Presupuesto de la puesta a tierra de protección.

## 10. SISTEMA DE PROTECCIÓN FRENTE A RAYOS

SISTEMA DE PROTECCIÓN FRENTE A RAYOS				
Código	Unidad de proyecto	Unidades / Longitud (m)	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>9.1</b>	<b>Equipo principal</b>	-	-	<b>780.54 €</b>
9.1.1	Pararrayos con dispositivo de cebado	1	184.66 €	184.66 €
9.1.2	Mástil de apoyo	1	430.35 €	430.35 €
9.1.3	Adaptador para el mástil	1	165.53 €	165.53 €
<b>9.2</b>	<b>Equipos auxiliares</b>			<b>5221.16 €</b>
9.2.1	Conductores de derivación (Conductor de cobre aislado de 35 mm <sup>2</sup> )	50	5.74 €	287.00 €
9.2.2	Descargadores de tensión tipo I + II	24	205.59 €	4934.16 €
<b>9.3</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>488.00 €</b>
9.3.1	Oficial electricista	10	20.48 €	204.80 €
9.3.2	Ayudante electricista	15	18.88 €	283.20 €
<b>TOTAL</b>				<b>6489.70 €</b>

Tabla 9: Presupuesto del sistema de protección frente a rayos.

# 11. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN				
Código		Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>10.1</b>	<b>Interruptores magnetotérmicos gama "Acti 9" de Schneider Electric</b>	-	-	<b>6128.21 €</b>
10.1.1	Interruptor iC60N	141	32.90 €	4638.90 €
10.1.2	Interruptor iC60H	13	57.29 €	744.77 €
10.1.3	Interruptor C120N	3	248.18 €	744.54 €
<b>10.2</b>	<b>Interruptores de caja moldeada gama "ComPact" de Schneider Electric</b>	-	-	<b>19608.61 €</b>
10.2.1	Interruptor NSXm63 B	15	680.25 €	10203.75 €
10.2.2	Interruptor NSXm63 E	2	745.54 €	1491.08 €
10.2.3	Interruptor NSXm160 B	6	902.35 €	5414.10 €
10.2.4	Interruptor NSX250 B	4	997.69 €	3990.76 €
10.2.5	Interruptor NSX400 F	1	1233.45 €	1233.45 €
10.2.6	Interruptor NSX630 F	1	1411.45 €	1411.45 €
<b>10.3</b>	<b>Interruptor ACB gama "MasterPact MTZ" de Schneider Electric</b>	-	-	<b>1655.34 €</b>
10.3.1	Interruptor MTZ1 12	1	1655.34 €	1655.34 €
<b>10.4</b>	<b>Interruptores diferenciales gama "Acti 9" de Schneider Electric</b>	-	-	<b>27447.43 €</b>
10.4.1	Interruptor Vigi iC60	146	142.38 €	20787.48 €
10.4.2	Interruptor RCCB-ID	11	605.45 €	6659.95 €
<b>10.5</b>	<b>Interruptores diferenciales gama "ComPact" de Schneider Electric</b>	-	-	<b>14167.95 €</b>
10.5.1	Interruptor VigiPacT	29	488.55 €	14167.95 €
<b>10.6</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>1566.40 €</b>
10.6.1	Oficial electricista	35	20.48 €	716.80 €
10.6.2	Ayudante electricista	45	18.88 €	849.60 €
<b>TOTAL</b>				<b>70573.94 €</b>

Tabla 10: Presupuesto de los dispositivos de protección.

## 12. BATERÍA DE CONDENSADORES

BATERÍA DE CONDENSADORES				
Código	Unidad de proyecto	Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>11.1</b>	<b>Batería VerSet Easy 60 kVAr</b>	<b>1</b>	<b>3150.00 €</b>	<b>3150.00 €</b>
<b>11.2.</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>225.48 €</b>
11.2.1	Oficial electricista	6	19.72 €	118.32 €
11.2.2	Ayudante electricista	6	17.86 €	107.16 €
	<b>TOTAL</b>			<b>3375.48 €</b>

Tabla 11: Presupuesto de la batería de condensadores.



## 13. SEGURIDAD Y SALUD

SEGURIDAD Y SALUD				
Código	Unidad de proyecto	Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
<b>12.1</b>	<b>Protección colectiva</b>	-	-	<b>4408.44 €</b>
12.1.1	Barandilla de seguridad	5	420.00 €	2100.00 €
12.1.2	Señalización	18	2.98 €	53.64 €
12.1.3	Extintores	24	34.85 €	836.40 €
12.1.4	Botiquín de primeros auxilios	10	21.34 €	213.40 €
12.1.5	Indumentaria de protección (cascos, botas, etc.)	20	60.25 €	1205.00 €
<b>11.2</b>	<b>Mano de obra</b>	-	-	<b>300.64 €</b>
11.2.1	Oficial electricista	8	19.72 €	157.76 €
11.2.2	Ayudante electricista	8	17.86 €	142.88 €
<b>TOTAL</b>				<b>4709.08 €</b>

Tabla 12: Presupuesto para seguridad y salud.

## 14. PRESUPUESTO TOTAL

PARTIDA	PRECIO (€)
1. Centro de transformación	102981.09 €
2. Cuadros eléctricos	53317.92 €
3. Grupo electrógeno	7671.81 €
4. Conductores	144690.49 €
5. Canalizaciones	178599.13 €
6. Tomas de corriente	4441.32 €
7. Luminarias	38902.60 €
8. Puesta a tierra de protección	64248.10 €
9. Sistema de protección frente a rayos	6489.70 €
10. Dispositivos de protección	70573.94 €
11. Batería de condensadores	3375.48 €
12. Seguridad y salud	4709.08 €
<b>Coste total de ejecución material</b>	<b>680000.65 €</b>
Beneficio industrial (6%)	40800.04 €
Gastos generales (13%)	88400.08 €
Imprevistos (10%)	74800.07 €
<b>Presupuesto total de ejecución material</b>	<b>884000.85 €</b>
IVA (21%)	185640.18 €
<b>Presupuesto de contrata</b>	<b>1069641.03 €</b>
Redacción de proyecto (4%)	42785.64 €
Dirección de obra (4%)	42785.64 €
	85571.28 €
IVA (21%)	17969.97 €
<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>1173182.28 €</b>

Tabla 13: Presupuesto total.

El presupuesto total del proyecto asciende a un monante de 1.173.182,2800 €.

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DOCUMENTO 5: PLIEGO DE  
CONDICIONES**

***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE  
UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

*Bilbao, marzo de 2023*

# ÍNDICE

1.	OBJETO .....	1
2.	CONDICIONES TÉCNICAS .....	2
2.1.	Condiciones generales .....	2
2.2.	Materiales .....	2
2.2.1.	Calidad .....	3
2.2.2.	Muestras y pruebas .....	3
2.3.	Diseño de canalizaciones.....	3
2.3.1.	Tubos .....	5
2.3.2.	Bandejas .....	5
2.4.	Conductores .....	5
2.5.	Cuadros eléctricos .....	6
2.6.	Cajas de empalme y derivación.....	7
2.7.	Instalación de puesta a tierra.....	7
2.7.1.	Tomas de tierra .....	8
2.7.2.	Conductores de tierra .....	8
2.8.	Receptores de alumbrado .....	8
2.9.	Inspección en fábrica.....	9
2.10.	Pruebas de puesta en marcha.....	9
2.11.	Seguridad.....	10
3.	CONDICIONES FACULTATIVAS.....	11
3.1.	Proyectista.....	11
3.2.	Técnico director de obra .....	11
3.1.	Constructor o instalador .....	12
3.3.	Obligaciones y derechos el constructor o instalador .....	13
3.3.1.	Verificación de los documentos del proyecto .....	13
3.3.2.	Plan de seguridad y salud .....	13
3.3.3.	Proyecto de control y calidad.....	14
3.3.4.	Representante del constructor o instalador: jefe de obra.....	14
3.3.5.	Presencia del constructor en la obra.....	14
3.3.6.	Trabajos no estipulados expresamente .....	15
3.3.7.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos .....	15
3.3.8.	Reclamaciones contra las órdenes del técnico director de obra .....	15

3.3.9.	Subcontratas .....	16
3.4.	Prescripciones generales.....	16
3.4.1.	Caminos y accesos.....	16
3.4.2.	Condiciones de replanteo .....	16
3.4.3.	Inicio de la obra: ritmo y ejecución .....	16
3.4.4.	Ampliación del proyecto debido a causas imprevistas o de fuerza mayor .....	17
3.4.5.	Prórroga de las obras por causas de fuerza mayor .....	17
3.4.6.	Responsabilidad del Técnico Director en el retraso de la obra.....	18
3.4.7.	Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	18
3.4.8.	Obras ocultas.....	18
3.4.9.	Trabajos defectuosos .....	18
3.4.10.	Vicios ocultos.....	19
3.4.11.	Muestras y materiales.....	19
3.4.12.	Gastos ocasionados por las pruebas y ensayos .....	20
3.4.13.	Limpieza de las obras .....	20
3.5.	Consideraciones finales.....	21
3.5.1.	Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	21
3.5.2.	Recepción definitiva .....	21
3.5.3.	Prórroga del plazo de garantía .....	21
3.5.4.	Recepciones de contratos cuya contrata ha sido rescindida .....	21
4.	DISPOSICIONES ECONÓMICAS .....	23
4.1.	Precios .....	23
4.1.1.	Composición de los precios unitarios.....	23
4.1.2.	Precio de contrata .....	24
4.1.3.	Precios contradictorios.....	24
4.1.4.	Reclamaciones de aumento de precios.....	25
4.1.5.	Revisión de los precios contratados.....	25
4.2.	Valoración y pago de los trabajos. ....	25
4.2.1.	Responsabilidad del Constructor ante bajo rendimiento de los trabajadores ...	25
4.2.2.	Mejora de las obras libremente ejecutadas.....	26
4.2.3.	Pagos .....	26
4.3.	Indemnizaciones.....	26
4.3.1.	Indemnización por retraso no justificado en el plazo de fin de obra.....	26
4.3.2.	Demora de los pagos por parte del propietario.....	26
4.4.	Otras consideraciones .....	27
4.4.1.	Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra .....	27

4.4.2.	Seguro de las obras .....	27
4.4.3.	Conservación de la obra.....	27
4.4.4.	Empleo del edificio o de bienes del Propietario por parte del Contratista.....	28

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Secciones del conductor de protección.....	6
Tabla 2: Secciones mínimas de los conductores de tierra enterrados. ....	8

# 1. OBJETO

La finalidad de este documento es determinar las condiciones generales y particulares que deben cumplirse en la ejecución de la instalación eléctrica de baja tensión de la planta desalinizadora, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles a todas las partes implicadas en el desarrollo del proyecto: el promotor o propietario, el contratista de la obra, los técnicos y encargados y el proyectista. Del mismo modo, este documento pretende especificar las responsabilidades, derechos y obligaciones de todas las partes. En él se disponen además las condiciones económicas y facultativas que se deben seguir, además de las técnicas.



## 2. CONDICIONES TÉCNICAS

En esta sección se determinan las condiciones técnicas que se deben cumplir a lo largo del desarrollo del proyecto, aplicables a cada aspecto de la instalación eléctrica.

### 2.1. Condiciones generales

Todos los materiales y equipos empleados en la instalación deben utilizarse para el fin para el que han sido diseñados, haciendo un uso de ellos acorde con el modo de empleo dictaminado. Todos los equipos y materiales deberán proveer la información necesaria y relevante para su correcta instalación y uso, incluyendo, al menos, los siguientes datos:

- Identificación del fabricante, representación legal o responsable de la comercialización.
- Marca y modelo
- En caso de equipos eléctricos, la tensión y potencia asignada, o, en su defecto, la intensidad asignada.
- Cualquier otra indicación de uso que pueda ser relevante para el manejo o instalación del equipo, a determinar por el fabricante.

Además, deberán cumplir con las condiciones establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y demás disposiciones técnicas vigentes. Todos los equipos y materiales podrán ser sometidos a pruebas y análisis para verificar su calidad y correcto funcionamiento.

Por otro lado, todos los trabajos a realizar en el desarrollo del proyecto deberán llevarse a cabo ateniéndose a las especificaciones del REBT, siguiendo las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, y cumpliendo en todo momento con las instrucciones proporcionadas por la dirección facultativa.

### 2.2. Materiales

En esta sección se determinan las condiciones a cumplir por los materiales a emplear en la instalación.

### 2.2.1. Calidad

Los materiales empleados deberán ser de primera calidad, y deben seguir las indicaciones mostradas en los distintos documentos de este proyecto (memoria, cálculos y planos) en lo que respecta a cantidad, modelo y tipo a utilizar. En el caso de no estar especificado en los mencionados documentos, los equipos y elementos de la instalación deberán acogerse a las normas vigentes en cuanto a materiales y prototipos de construcción.

### 2.2.2. Muestras y pruebas

En cuanto a aquellos materiales no detallados de forma específica en los documentos restantes del presente proyecto, pero que deban ser empleados en la instalación, el suministrador o el constructor deberán proveer una muestra de ellos sin gastos adicionales. Dichos materiales podrán someterse a las pruebas y análisis pertinentes para demostrar su adecuación a los niveles de calidad exigidos para la instalación eléctrica, costeados por cuenta del constructor. Dichas muestras serán examinadas por la dirección de obra, la cual determinará la aceptación o el rechazo del material seleccionado. No obstante, aun habiendo sido aceptados los materiales y elementos, es el instalador quien debe asegurar en todo momento el cumplimiento de las reglamentaciones vigentes y de las normas establecidas por la compañía suministradora de energía eléctrica.

## 2.3. Diseño de canalizaciones

El trazado de las canalizaciones se realizará, siempre que sea posible, haciendo líneas paralelas a los laterales que delimitan cada uno de los edificios. Estas deben diseñarse para tratar de aunar el máximo número posible de cables.

Los cables se instalarán dentro de tubos (enterrados o sobre falso techo) y/o bandejas según lo indicado en los restantes documentos de este proyecto (memoria, cálculos y planos). Previamente a la instalación de los cables, se construirán e instalarán los elementos estructurales y civiles necesarios para la correcta soportación y rutado de las canalizaciones, de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente.

Para evitar interferencias con el resto de redes (agua, saneamiento), las canalizaciones eléctricas deberán instalarse con una separación no inferior a los 100 mm entre superficies exteriores de las canalizaciones correspondientes a otras redes. Además, las canalizaciones eléctricas no podrán colocarse en una cota inferior a las canalizaciones de otras redes que puedan ocasionar humedades, condensación o contacto directo con agua. En caso de no poder evitarse dicha disposición, las adecuadas medidas preventivas deberán ser tomadas para proteger las canalizaciones eléctricas de la humedad.

Por otro lado, las canalizaciones eléctricas y las correspondientes a otras redes pueden compartir canales vacíos en la construcción, si fuera necesario, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Se protegerán las canalizaciones eléctricas frente a cualquier peligro o riesgo que pueda suponer su colocación junto a canalizaciones de otras redes, prestando especial atención a los siguientes efectos:
  - o Corrosión
  - o Explosiones
  - o Altas temperaturas
  - o Humedad y condensación
  - o Inundaciones
- Se protegerán las canalizaciones para evitar contactos indirectos en la instalación, siguiendo los preceptos y las recomendaciones del REBT y sus ITC relevantes en esta materia. Para ello se considerarán las conducciones metálicas no eléctricas (bandejas) como elementos conductores.

En el caso de que en un mismo tramo se instalen canalizaciones eléctricas para cables de distintos niveles de tensión, estas se deberán ordenar de la forma siguiente (de arriba abajo):

- Nivel superior: Cables de telecomunicaciones, instrumentación y/o control.
- Nivel intermedio: Cables de baja tensión (hasta 1 kV en corriente alterna y 1,5 kV en corriente continua).
- Nivel inferior: Cables de alta tensión.

### 2.3.1. Tubos

Algunos cables de la instalación se instalarán en el interior de tubos de PVC. Estos deberán ser adecuadamente numerados y rotulados para su correcta identificación en obra. En los tramos entre edificios, los tubos se instalarán bajo tierra embebidos en hormigón, mientras que, en el interior de los edificios, serán instalados sobre el falso techo. En caso de requerirse más de un tubo por tramo, estos se deberán separar no menos de 50 mm.

### 2.3.2. Bandejas

Para el rutado de los cables, se emplearán también bandejas de aluminio. Estas deberán estar adecuadamente numeradas y rotuladas para su correcta identificación en obra. Las bandejas se anclarán al falso techo de los edificios de la instalación. Si se requiere más de un nivel de bandeja en una misma canalización, se instalarán los necesarios soportes, a una distancia no superior a los 1500 mm. Para las bifurcaciones de bandejas se emplearán accesorios en forma de "T".

Las bandejas no podrán instalarse bajo redes de agua o de gas. Cuando sea necesario, las bandejas soportarán cajas de empalme y/o derivación. Además, la unión entre bandejas no puede coincidir con un soporte.

## 2.4. Conductores

Los conductores empleados serán los indicados en los documentos de Memoria y Cálculos de este proyecto. Todos ellos tendrán una tensión nominal de 0,6/1 kV y aislamiento de XLPE. Podrán ser de cobre o aluminio, y serán unipolares o multipolares, en función de su sección. Además, los cables directamente enterrados deberán llevar una armadura de acero inoxidable para dotarlos de protección mecánica.

Todos los conductores eléctricos deberán llevar impreso el nombre del fabricante, su designación y el año de fabricación. Además, todos los materiales (tanto conductores como aislantes o de refuerzo mecánico) empleados en la construcción de los mismos deberán presentar certificados acordes a las normas UNE a aplicar en el desarrollo del proyecto.

Asimismo, todos los aislamientos y cubiertas de los conductores deberán ser sometidos a los siguientes ensayos, de acuerdo con lo expuesto en la norma UNE-EN 60811-1:1996:

- Ensayo de rigidez dieléctrica del aislamiento
- Medida de la resistencia eléctrica del aislamiento
- Medida de la resistencia eléctrica de los conductores

En cuanto a la identificación de los conductores, de acuerdo con lo expuesto en el documento Memoria del presente proyecto, se seguirá el criterio de colores establecido en la norma UNE 21089-1:2002.

Para el dimensionamiento de los conductores de fase se seguirá la norma UNE-EN 60634-5-52:2014, como se detalla en el apartado de Cálculos.

Para el dimensionamiento de los conductores de neutro y protección, si los hubiere, se seguirán las directrices de las ITC-BT 19 e ITC-BT 26, respectivamente. Tanto el conductor de neutro como de protección tendrán el mismo material aislante que el conductor de fase. El conductor de neutro y el de protección se instalarán por las mismas canalizaciones que los conductores de fase correspondientes, a excepción de que así lo exija expresamente la empresa distribuidora. El conductor de neutro será de la misma sección que el conductor de fase. El conductor de protección, por su parte, tendrá una sección acorde con lo establecido en la ITC-BT 18:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

*Tabla 1: Secciones del conductor de protección.*

## 2.5. Cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos de la instalación deberán diseñarse y fabricarse de acuerdo con los criterios establecidos en el REBT y, en su defecto, en las recomendaciones de la IEC. Todos los cuadros deberán estar diseñados para instalarse en el interior, y deberán ser estancos al agua y al polvo. Asimismo, deberán ser entregados totalmente ensamblados y cableados desde fábrica. Estos estarán formados por una estructura metálica que permita el montaje sobre el suelo, y tendrán un cerramiento de chapa resistente y no inflamable. Todos los circuitos de salida del

cuadro deberán estar debidamente protegidos contra las sobrecargas, los cortocircuitos y los contactos indirectos.

## 2.6. Cajas de empalme y derivación

Para las conexiones o derivaciones entre conductores se deberán emplear cajas de empalme y derivación. Estas deberán ser o bien de material aislante, o bien metálicas con protección frente a la corrosión. Estas cajas deberán ser estancas para evitar la entrada de polvo y/o humedad. Además, deberán tener las dimensiones adecuadas para poder acoger en su interior a todos los cables que deben conectarse.

Bajo ningún concepto se permitirá la conexión entre cables mediante arrollamiento, esta deberá realizarse en el interior de las cajas por medio de bridas de conexión o bornes instalados dentro de la caja. Asimismo, al conectar los cables, el instalador debe cerciorarse de que la corriente se reparta entre todos los alambres uniformemente. Las cajas deberán estar provistas de boquillas redondeadas para acoger a los cables, de forma que no se produzcan daños en el aislamiento de estos.

## 2.7. Instalación de puesta a tierra

La instalación de puesta a tierra deberá ser diseñada e instalada siguiendo las reglas establecidas por la ITC-BT 18 del REBT. Para la implantación de esta deben emplearse materiales que aseguren que el valor de la resistencia de puesta a tierra está conforme con las normas de protección y funcionamiento de la instalación. Esta resistencia debe mantenerse estable a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta toda la normativa e instrucciones aplicables a la instalación. Del mismo modo, los materiales deben permitir la circulación de las corrientes de fuga y de defecto a tierra sin peligro, así como asegurar la solidez y protección mecánica de la puesta a tierra. En ningún caso se podrá interrumpir el circuito de tierra, esto es, intercalar seccionadores, fusibles o interruptores en él.

### 2.7.1. Tomas de tierra

Las tomas de tierra deberán hacerse mediante electrodos, que tendrán la forma barras metálicas y/o conductores desnudos. Estos últimos deberán tener las características de la clase 2 de la norma UNE 21022. Las tomas de tierra deberán enterrarse a no menos de 500 mm de la superficie, comprobando siempre que la resistencia real de la toma es la esperada según el diseño.

### 2.7.2. Conductores de tierra

Los conductores de tierra deberán tener una sección calculada según la norma UNE-HD 60364-5-54:2011. Además, si están enterrados, su sección deberá cumplir con lo establecido en la siguiente tabla:

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm <sup>2</sup> Cobre 16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm <sup>2</sup> Cobre 50 mm <sup>2</sup> Hierro
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Tabla 2: Secciones mínimas de los conductores de tierra enterrados.

La conexión entre los conductores de tierra y los electrodos de tierra debe hacerse de forma que se garantice la correcta conexión y no se dañen ninguna de ambas partes, empleando piezas de empalme adecuadas, como juntas de compresión o tornillos.

## 2.8. Receptores de alumbrado

Las luminarias deberán cumplir con las normas UNE-EN 60598-2-22. Las partes metálicas accesibles de los receptores de alumbrado que no sean de Clase II o Clase III, deberán conectarse de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito. Se entiende como accesibles aquellas partes incluidas dentro del volumen de accesibilidad definido en la ITC-BT-24. Además, en instalaciones con equipos de movimiento rotativo o alternativo (bombas o

motores, por ejemplo), deberá evitarse que las luminarias empleadas puedan causar efecto estroboscópico.

En cuanto al alumbrado de emergencia, todos los equipos necesarios para su correcto funcionamiento (lámpara, batería, conjunto de mando y dispositivos de verificación y control) deberán estar ubicados en el interior de la propia luminaria, o, en su defecto, a una distancia no superior a 1 m de ella.

## 2.9. Inspección en fábrica

Previamente a la instalación en obra, los elementos de la aparamenta eléctrica se someterán a una serie de ensayos para comprobar su funcionamiento desde el punto de vista eléctrico y mecánico. Se deberán realizar, al menos, las siguientes comprobaciones:

- Medición de la resistencia del aislamiento entre conductores y a tierra, y se verificará que se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa aplicable y/o los cálculos realizados en el presente proyecto.
- Medición de la rigidez dieléctrica de la aparamenta, mediante un ensayo a una tensión de  $1 \text{ kV} + 2 \cdot V_n$ , con una tensión mínima de 1,5 kV.
- Comprobación del correcto funcionamiento mecánico de todas las partes móviles de la instalación eléctrica.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los relés del CGBT.
- Verificación de la correcta calibración de las protecciones de acuerdo con los valores establecidos en la sección de cálculos.

## 2.10. Pruebas de puesta en marcha

Una vez finalizada la construcción de la red eléctrica de baja tensión de la planta desalinizadora, esta deberá ser sometida a una serie de pruebas para verificar su correcto funcionamiento, acorde con las condiciones establecidas en este pliego y en el resto de documentos del proyecto. Estas pruebas de puesta en marcha son:

- Prueba de funcionamiento con las potencias demandadas calculadas, tanto de las cargas de fuerza como de alumbrado.



- Prueba de correcto funcionamiento de las luminarias de alumbrado normal y de emergencia.
- Prueba del correcto funcionamiento del sistema de alimentación de emergencia (grupo electrógeno), así como del restablecimiento del suministro normal.
- Prueba de existencia de tensión en todas las bases de enchufe y tomas de corriente.
- Prueba de correcto funcionamiento de todos los receptores instalados a la red de fuerza.

## 2.11. Seguridad

De acuerdo con la ley de prevención de riesgos laborales y las normas NTE, se debe garantizar el cumplimiento de las siguientes condiciones de seguridad:

- Todos los trabajos de inspección, mantenimiento u otros que requieran la intervención de alguna forma en la instalación eléctrica deben realizarse sin tensión. Se debe comprobar este aspecto con los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- Todos los trabajos en torno a la instalación eléctrica deben realizarse con la indumentaria adecuada (guantes y botas aislantes) y herramientas adecuadas. Los operarios no deberán portar ropa con accesorios metálicos, objetos metálicos y/o inflamables.
- Los trabajos de inspección y mantenimiento deberán realizarlos, al menos, dos operarios de forma conjunta.
- Al intervenir la instalación eléctrica, todos los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra deberán bloquearse en posición de apertura.
- Nunca se podrá reestablecer el servicio eléctrico sin previamente cerciorarse de que no existe peligro alguno.
- De forma general, se deberán cumplir con todas las disposiciones de seguridad de obligado cumplimiento de la normativa aplicable.

## 3. CONDICIONES FACULTATIVAS

En esta sección se detallan las condiciones facultativas que deben cumplirse en el desarrollo del proyecto, es decir, los derechos y obligaciones de las partes y sus representantes en el momento de ejecutar el proyecto: la contrata, la propiedad y la dirección de proyecto.

### 3.1. Projectista

El projectista o director de proyecto de la instalación debe cumplir con las siguientes obligaciones:

- Poseer la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero industrial, así como presentar las condiciones necesarias y exigibles para ejercer dicha profesión.
- Redactar el proyecto, siguiendo tanto toda la normativa vigente aplicable como lo establecido en el contrato del proyecto.

### 3.2. Técnico director de obra

El técnico director de obra es la máxima autoridad en la obra o instalación. Tiene las competencias y obligaciones indicadas a continuación:

- Redacción de los complementos o rectificaciones del proyecto que se consideren necesarias.
- Acudir a las obras todas las veces que sean necesarias, siempre que la complejidad o la naturaleza de la contingencia a tratar así lo requieran. El técnico director de obra deberá dictaminar las órdenes complementarias necesarias para lograr una solución técnica correcta, en línea con la normativa aplicable y fiel al contrato.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para su aplicación.

- Realizar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente cuando se requiera, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

### 3.1. Constructor o instalador

El constructor o instalador es la persona física o jurídica legalmente establecida para llevar a cabo, empleando sus medios y organización, las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones eléctricas que le sean encomendadas y para las que está autorizado/a. Siempre realizará estas actividades siguiendo la dirección técnica del técnico director de obra. Sus competencias principales son:

- Mantener contacto con la empresa suministradora de energía a través del Director de Obra, para aplicar las normas que le afecten y evitar criterios dispares.
- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Cumplir lo dispuesto en el Reglamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo y cuantas disposiciones legales de carácter social estén en vigor y le afecten, y elaborar el Plan de Seguridad y Salud de la obra.
- Suscribir con el Técnico Director el acta de replanteo de la obra.

- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Cumplimiento de lo legislado en la Reglamentación Laboral y demás disposiciones que regulan las relaciones entre patrones y obreros.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

### 3.3. Obligaciones y derechos el constructor o instalador

Además de las competencias previamente mencionadas, se indican a continuación, de forma más detallada, las obligaciones y los derechos del constructor o instalador.

#### 3.3.1. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

#### 3.3.2. Plan de seguridad y salud

El Constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico Director de obra.

### 3.3.3. Proyecto de control y calidad

El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no. Se detallarán asimismo los ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos por el Técnico Director de obra.

### 3.3.4. Representante del constructor o instalador: jefe de obra

El constructor está obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de condiciones particulares de índole facultativa, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

### 3.3.5. Presencia del constructor en la obra

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director de obra, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

### 3.3.6. Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director de obra dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% del total del presupuesto.

### 3.3.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos

El Constructor podrá requerir del Técnico director de obra, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 3 días, a quién la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

### 3.3.8. Reclamaciones contra las órdenes del técnico director de obra

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones del Técnico Director de obra, sólo podrá presentarlas si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad mediante exposición razonada dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo.

#### 3.3.9. Subcontratas

El Constructor podrá subcontratar unidades de obra, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.

### 3.4. Prescripciones generales

A continuación, se indican una serie de prescripciones que se deben cumplir también en la totalidad del proyecto.

#### 3.4.1. Caminos y accesos

Será potestad y deber del constructor el disponer los accesos a la obra y el vallado de esta. Deberá mantener dichos accesos y vallado durante la ejecución de la obra. No obstante, el técnico director podrá exigir su modificación y/o mejora si así lo considera.

#### 3.4.2. Condiciones de replanteo

El constructor comenzará las obras con el replanteo de estas en el terreno, debiendo señalar las referencias principales que mantendrán como base para futuros replanteos parciales.

El constructor deberá someter el replanteo a la aprobación del Técnico Director de obra. Una vez este último indique su conformidad con el replanteo, el constructor redactará un acta acompañada de un plano, a aprobar por el Técnico Director. La omisión de este trámite la hará el constructor bajo su propia responsabilidad.

#### 3.4.3. Inicio de la obra: ritmo y ejecución

El constructor deberá dar comienzo a las obras en el plazo indicado en el Pliego de Condiciones Particulares. Deberá desarrollarlas en la forma necesaria para que, en los periodos parciales señalados en dicho documento, se ejecuten los trabajos correspondientes a cada periodo. Por lo tanto, la ejecución total de la obra deberá llevarse a cabo dentro del plazo exigido por el contrato.

Por otro lado, el Contratista deberá, de forma obligatoria y por escrito, dar cuenta al Técnico Director del comienzo de los trabajos con al menos tres días de antelación.

La determinación del orden de los trabajos es competencia del Contratista, exceptuando aquellos casos en los que, por circunstancias de índole técnica, el Técnico Director de obra lo estime conveniente.

#### 3.4.4. Ampliación del proyecto debido a causas imprevistas o de fuerza mayor

Siempre que sea precisa, por motivo imprevisto, la ampliación del proyecto, no serán interrumpidos los trabajos, continuándose estos de acuerdo con las instrucciones dadas por el Técnico Director, mientras se tramita el proyecto reformado.

El Constructor tiene la obligación de realizar con su personal y sus materiales las tareas que el Técnico Director disponga para cualquier obra de carácter urgente, anticipando este servicio. El debido importe será entregado de acuerdo con lo decidido entre ambas partes.

#### 3.4.5. Prórroga de las obras por causas de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico Director.

Para ello, el Constructor expondrá por escrito la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que solicita.



#### 3.4.6. Responsabilidad del Técnico Director en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

#### 3.4.7. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos deberán ser ejecutados con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que, bajo su responsabilidad y por escrito, entregue el Técnico Director al Constructor, cumpliendo con las limitaciones presupuestarias y de conformidad establecidas.

#### 3.4.8. Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos. Estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados uno al Técnico otro a la Propiedad y otro al Contratista, cada uno de ellos firmado por las tres partes implicadas. Dichos planos, que deberán estar suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

#### 3.4.9. Trabajos defectuosos

El Constructor deberá emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales y particulares de índole técnica del pliego de condiciones. Deberá realizar todos los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en dicho documento. Por tanto, es el Constructor el responsable de la ejecución de los trabajos contratados y de los errores o defectos que podrían tener lugar en ellos; ya sea por la mala ejecución de las labores, por el empleo de materiales defectuosos o el uso de aparatos o herramientas en mal estado; hasta que se produzca la recepción definitiva de la instalación. Ni el control que compete al Técnico Director ni las valoraciones de los trabajos en cada certificación parcial de obra eximen al Constructor de las responsabilidades de los defectos en la obra.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preestablecidas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá la disputa.

#### 3.4.10. Vicios ocultos

En caso de que el Técnico Director tenga razones fundadas para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, este ordenará, previo a la recepción definitiva de la instalación, la realización de los ensayos que considere convenientes. Estos ensayos, que podrán ser o no destructivos, se efectuarán sobre todos los trabajos presuntamente defectuosos. Los gastos ocasionados por dichos ensayos correrán a cuenta del Constructor si se demuestra la existencia de vicios de construcción. En caso contrario, correrán a cargo de la Propiedad.

#### 3.4.11. Muestras y materiales

- Procedencia de los materiales y aparatos.

El Constructor dispone de la libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas establezca una procedencia determinada.

Antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Técnico Director una lista completa de materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de los materiales.

- Materiales no utilizables

El Constructor, transportará y colocará, agrupándolos en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra. Se retirarán de esta o se llevarán al vertedero, cuando así esté establecido en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra. En caso de que la forma de proceder no esté establecida, los materiales no utilizables serán retirados de la obra cuando así lo ordene el Técnico Director,

acordando previamente con el Constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

- Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego, no tuvieran la preparación en él exigida o se demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Técnico Director dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen. Si a los 15 días de recibir el Constructor la orden, los materiales que no están en condiciones no han sido retirados, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos al Constructor.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables, se recibirán, aunque con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

#### 3.4.12. Gastos ocasionados por las pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán pagados por el Constructor. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo de este.

#### 3.4.13. Limpieza de las obras

Es obligación del Constructor:

- Mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes.
- hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias
- Adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra luzca con buen aspecto.

## 3.5. Consideraciones finales

Se indican en esta sección algunas consideraciones finales que se deben tener en cuenta en el desarrollo del proyecto.

### 3.5.1. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación de las obras durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva de la instalación correrán a cargo del Constructor. En caso de que el edificio se ocupe o se utilice antes de la recepción final, la limpieza y reparaciones que se deban hacer como consecuencia del uso deberán ser pagadas por el Propietario. Las reparaciones por vicios de obra o por defectos en la instalación correrán a cargo del Constructor.

### 3.5.2. Recepción definitiva

La recepción definitiva de la obra acabada se verificará transcurrido el plazo de garantía de esta, de igual forma y con las mismas formalidades que la recepción provisional. A partir de esta fecha, cesará la obligación del Constructor de reparar aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de la instalación, quedando solamente la responsabilidad que pudiera derivarse del hallazgo de vicios en la construcción.

### 3.5.3. Prórroga del plazo de garantía

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Constructor los plazos y formas en los que deberán realizarse las obras necesarias para su adecuación. En caso de no efectuarse las obras, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

### 3.5.4. Recepciones de contratos cuya contrata ha sido rescindida

En el caso de resolución del contrato, el Constructor estará obligado a:

- Retirar, en el plazo que se fije en el pliego de condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., de la obra.

- Resolver los subcontratos que tuviese concertados.
- Dejar la obra en condiciones aceptables para ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en este pliego de condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este pliego. Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del Técnico Director, se efectuará una sola y definitiva recepción.

## 4. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

Se establecen en esta sección todos los arreglos en relación al cobro y pago de los servicios realizados por cada parte involucrada en el desarrollo del proyecto. Todas las partes tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades retribuidas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

### 4.1. Precios

A continuación, se indican las condiciones a seguir para el establecimiento de los precios de las labores del proyecto.

#### 4.1.1. Composición de los precios unitarios

El cálculo del precio de cada unidad de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los costes indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos los siguientes:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, al precio resultante a pie de obra, que se integren en la unidad considerada o sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc. Que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.

Por otro lado, serán considerados costes indirectos:

- Los gastos de la instalación de oficinas a pie de obra.
- La construcción de edificaciones auxiliares como almacenes, pabellones, talleres o laboratorios.
- La contratación de seguros.

- Los gastos de personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra.
- Todos los gastos que pudieran devenir de imprevistos.

Todos estos costes indirectos se imputarán como un porcentaje de los costes directos. De la suma de los costes directos e indirectos se obtiene el precio de ejecución material.

Asimismo, se entenderá por gastos generales como aquellos gastos de empresa, financieros y tasas de la administración legalmente establecidas. Estos se cifrarán como una suma de los costes directos e indirectos.

Por último, el beneficio industrial, recibido por el Contratista, se establece en el 6 % sobre la suma de las anteriores partidas.

A la suma de las 4 partidas establecidas se le aplicaría el IVA.

#### 4.1.2. Precio de contrata

Se define el precio de contrata como la suma de los costes directos, los costes indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial, sin incluir el IVA. En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra anexa se contratasen a riesgo y ventura, se entiende que el precio de contrata es aquel derivado de la suma de:

- El coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material.
- El beneficio industrial del contratista, definido como un porcentaje del precio anterior.

#### 4.1.3. Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico Director decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. En dicho caso, el Contratista estará obligado a efectuar los cambios necesarios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico Director y el Constructor antes de comenzar la ejecución de los trabajos, en el plazo definido en este Pliego de Condiciones. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más

frecuente en la localidad. Los precios contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

#### 4.1.4. Reclamaciones de aumento de precios

Si el Constructor, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

#### 4.1.5. Revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a riesgo y ventura, solo se admitirá una revisión de los precios siempre y cuando el incremento no alcance un importe superior al 3 % del importe total del presupuesto, sobre las unidades de obra que falten de realizar según el calendario acordado.

En caso de darse variaciones de precio superiores a las mencionadas, de efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares.

## 4.2. Valoración y pago de los trabajos.

### 4.2.1. Responsabilidad del Constructor ante bajo rendimiento de los trabajadores

Si el Técnico Director percibiera que los rendimientos de la mano de obra fueran inferiores a los admitidos para alcanzar los partes mensuales de obra ejecutada que debe presentar el Constructor al Técnico Director, este último deberá notificárselo por escrito al Constructor, con el objetivo de que se realicen las gestiones necesarias para el aumento de la producción.

Si, a pesar de realizar el paso anterior, el rendimiento no aumentase con el paso de los meses, el Propietario tiene el poder de rebajar el importe del 15 % que le corresponde al Constructor en concepto de medios auxiliares, de seguridad preventiva de accidentes y de gastos administrativos.



#### 4.2.2. Mejora de las obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de mayor preparación o tamaño que el señalado en el Proyecto, sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio o introdujese cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, sólo tendrá derecho al abono de lo que le correspondería en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada.

#### 4.2.3. Pagos

Los pagos serán efectuados por el propietario en los plazos previamente establecidos. El importe de estos corresponderá con el de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director.

### 4.3. Indemnizaciones

#### 4.3.1. Indemnización por retraso no justificado en el plazo de fin de obra

La indemnización por retraso en la finalización de las obras se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día determinación fijado en el calendario de obra.

#### 4.3.2. Demora de los pagos por parte del propietario

En el caso de que el Contratista no justifique en la fecha correspondiente al plazo de ejecución señalado en el contrato el presupuesto correspondiente a los trabajos realizados, este no podrá solicitar la resolución del contrato alegando la demora en los pagos.

## 4.4. Otras consideraciones

Finalmente, se indican otras consideraciones a tener en cuenta en relación a los pagos de la obra.

### 4.4.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Solamente se admitirán mejoras de obra en el caso de que el Técnico Director ordene por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los trabajos ya contratados o de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Del mismo modo, no serán admitidos aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo error en las mediciones del proyecto, a no ser que el Técnico Director lo ordene por escrito.

En el caso de realizar mejoras por expresa petición del Técnico Director, será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales a emplear y los aumentos que todas estas mejoras supongan sobre el importe de las unidades contratadas. Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

### 4.4.2. Seguro de las obras

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

### 4.4.3. Conservación de la obra

El Contratista tiene la obligación de atender la conservación de las obras durante el plazo de garantía. Si previamente a la recepción del edificio por el Propietario, el Contratista no cumpla con su obligación, el Técnico Director podrá disponer todo lo necesario para que la limpieza y conservación de la obra se lleven a cabo, sufragando estas la Contrata.

El Contratista está obligado, además, a dejar las instalaciones limpias y desocupadas en el plazo fijado por el Técnico Director una vez hayan finalizado las obras. Tras la recepción provisional del edificio, y en el caso de que la conservación corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables.

Independientemente de que el edificio esté ocupado o no, el Contratista tiene la obligación de revisar la obra durante todo el plazo estipulado en el Calendario de Obra.

#### 4.4.4. Empleo del edificio o de bienes del Propietario por parte del Contratista

Cuando, durante la ejecución de las obras el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, ocupe edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato en perfecto estado de conservación. Además, deberá reponer los objetos o materiales que se hubieran inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales empleado.

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DOCUMENTO 6: ESTUDIO DE  
SEGURIDAD Y SALUD**

***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE  
UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

*Bilbao, marzo de 2023*

# ÍNDICE

1. OBJETO .....	1
2. PRESCRIPCIONES GENERALES .....	2
2.1. Suministro de energía eléctrica.....	2
2.2. Suministro de agua potable .....	2
2.3. Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos .....	2
3. OBRA CIVIL .....	4
3.1. Movimiento de tierras y cimentaciones.....	4
3.2. Estructura .....	5
3.3. Cerramientos.....	6
3.4. Albañilería .....	6
4. MONTAJE.....	8
4.1. Colocación de soportes y embarrados.....	8
4.2. Montaje de celdas prefabricadas, apartamenta, transformadores y cuadros eléctricos ....	9
4.3. Operaciones de puesta en tensión.....	10
5. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN .....	11
5.1. Trabajos sin tensión .....	11
5.2. Trabajos con tensión .....	12
5.3. Medidas preventivas .....	13
5.4. Riesgo de incendio o explosión .....	14
6. PRIMEROS AUXILIOS.....	16
7. NORMATIVA APLICABLE .....	17

# 1. OBJETO

El objeto de este documento es dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Asimismo, es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

## 2. PRESCRIPCIONES GENERALES

A continuación, se indican las prescripciones generales de seguridad y salud que se deben cumplir en el transcurso de la obra.

### 2.1. Suministro de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora, proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

### 2.2. Suministro de agua potable

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

### 2.3. Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones. En caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

## 2.4. Interferencias y servicios afectados

No se prevén interferencias en los trabajos, puesto que, si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existiera más de una empresa en la ejecución del proyecto, deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor. En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que tendrá que reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.



## 3. OBRA CIVIL

Esta sección establece los principales riesgos a tener en cuenta en el desarrollo de la obra civil del proyecto. Para cada aspecto se indicarán los principales riesgos y las medidas preventivas para evitarlos.

### 3.1. Movimiento de tierras y cimentaciones

Los principales riesgos son:

- Caídas a las zanjas.
- Desprendimiento de los bordes de los taludes de las rampas.
- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.

Las medidas preventivas aplicables son:

- Control del avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibición de permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

## 3.2. Estructura

Los riesgos más frecuentes son:

- Caída de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
- Caída de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Electrocuciiones por contacto indirecto.
- Caídas al mismo nivel.
- Quemaduras químicas producidas por el cemento.
- Sobreesfuerzos.

Las medidas preventivas aplicables son:

- Emplear bolsas portaherramientas.
- Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
- Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
- Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.
- Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
- Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
- Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
- El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
- Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.

- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

### 3.3. Cerramientos

Los riesgos más frecuentes son:

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Aquellos derivados del uso de medios auxiliares (andamios, escaleras, etc.).

Las medidas de prevención aplicables son:

- Señalizar las zonas de trabajo.
- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

### 3.4. Albañilería

Los riesgos más frecuentes son:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafríos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

Las medidas de prevención aplicables son:

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

## 4. MONTAJE

Esta sección establece los principales riesgos a tener en cuenta en el montaje de la instalación eléctrica. Para cada aspecto se indicarán los principales riesgos y las medidas preventivas para evitarlos.

### 4.1. Colocación de soportes y embarrados

Los riesgos principales son:

- Caídas a distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.
- Contacto eléctrico indirecto.

Las medidas de prevención aplicables son:

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

## 4.2. Montaje de celdas prefabricadas, aparamenta, transformadores y cuadros eléctricos

Los riesgos principales son:

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

Las medidas de prevención aplicables son:

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.
- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
  - o Cables, poleas y tambores
  - o Mandos y sistemas de parada.
  - o Limitadores de carga y finales de carrera.
  - o Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

### 4.3. Operaciones de puesta en tensión

Los riesgos más frecuentes son:

- Contacto eléctrico en AT y BT.
- Arco eléctrico en AT y BT.
- Contacto con elementos candentes.

Las medidas de prevención aplicables son:

- Coordinar con la compañía suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

## 5. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Se detallan a continuación los aspectos a seguir en las labores de operación y mantenimiento normal de la planta desalinizadora, el ámbito eléctrico. Para la seguridad y salud de los trabajadores se seguirá lo establecido en los anexos del RD 614/2001.

### 5.1. Trabajos sin tensión

Una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso que se describe a continuación, que se desarrolla secuencialmente en cinco etapas:

1. Desconectar.
2. Prevenir cualquier posible realimentación.
3. Verificar la ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito.
5. Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

La reposición de la tensión sólo comenzará, una vez finalizado el trabajo, después de que se hayan retirado todos los trabajadores que no resulten indispensables y que se hayan recogido de la zona



de trabajo las herramientas y equipos utilizados. El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

1. La retirada, si la hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.
2. La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.
3. El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
4. El cierre de los circuitos para reponer la tensión. Desde el momento en que se suprime una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

Para dejar sin tensión una instalación eléctrica con condensadores cuya capacidad y tensión permitan una acumulación peligrosa de energía eléctrica se seguirá el siguiente proceso:

1. Se efectuará y asegurará la separación de las posibles fuentes de tensión mediante su desconexión, ya sea con corte visible o testigos de ausencia de tensión fiables.
2. Se aplicará un circuito de descarga a los bornes de los condensadores, que podrá ser el circuito de puesta a tierra y en cortocircuito, a que se hace referencia en el apartado siguiente cuando incluya un seccionador de tierra y se esperará el tiempo necesario para la descarga.
3. Se efectuará la puesta a tierra y en cortocircuito de los condensadores. Cuando entre éstos y el medio de corte existan elementos semiconductores, fusibles o interruptores automáticos, la operación se realizará sobre los bornes de los condensadores.

## 5.2. Trabajos con tensión

El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo. Entre los equipos y materiales citados se encuentran:

- Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.
- Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
- Las pértigas aislantes.
- Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
- Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, etc.).

Los trabajadores deberán disponer de un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación que les permita realizar su trabajo en condiciones de visibilidad adecuadas. Los trabajadores no llevarán objetos conductores, tales como pulseras, relojes, cadenas o cierres de cremallera metálicos que puedan contactar accidentalmente con elementos en tensión.

### 5.3. Medidas preventivas

Se deberá tener especial consideración en las maniobras locales con interruptores o seccionadores, así como en las mediciones, ensayos y verificaciones. En el primer caso, el método de trabajo empleado debe prever tanto los defectos razonablemente posibles de los aparatos, como la posibilidad de que se efectúen maniobras erróneas (apertura de seccionadores en carga o cierre de seccionadores en cortocircuito). Para la protección frente al riesgo de arco eléctrico, explosión o proyección de materiales, no será obligatoria la utilización de equipos de protección cuando el lugar desde donde se realiza la maniobra esté totalmente protegido frente a dichos riesgos por alejamiento o interposición de obstáculos.

En cuanto a las mediciones, ensayos y verificaciones, en los casos en que sea necesario retirar algún dispositivo de puesta a tierra colocado en las operaciones realizadas para dejar sin tensión la instalación, se tomarán las precauciones necesarias para evitar la realimentación intempestiva de la misma. Cuando sea necesario utilizar una fuente de tensión exterior se tomarán precauciones para asegurar que:

- La instalación no puede ser realimentada por otra fuente de tensión distinta de la prevista.
- Los puntos de corte tienen un aislamiento suficiente para resistir la aplicación simultánea de la tensión de ensayo por un lado y la tensión de servicio por el otro.

- Se adecuarán las medidas de prevención tomadas frente al riesgo eléctrico, cortocircuito o arco eléctrico al nivel de tensión utilizado.

## 5.4. Riesgo de incendio o explosión

Los trabajos en instalaciones eléctricas, en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión se realizarán siguiendo un procedimiento que reduzca al mínimo estos riesgos; para ello se limitará y controlará, en lo posible, la presencia de sustancias inflamables en la zona de trabajo y se evitará la aparición de focos de ignición, en particular, en caso de que exista, o pueda formarse, una atmósfera explosiva. En tal caso queda prohibida la realización de trabajos u operaciones (cambio de lámparas, fusibles, etc.) en tensión, salvo si se efectúan en instalaciones y con equipos concebidos para operar en esas condiciones, que cumplan la normativa específica aplicable.

Además, antes de realizar el trabajo, se verificará la disponibilidad, adecuación al tipo de fuego previsible y buen estado de los medios y equipos de extinción. Si se produce un incendio, se desconectarán las partes de la instalación que puedan verse afectadas, salvo que sea necesario dejarlas en tensión para actuar contra el incendio, o que la desconexión conlleve peligros potencialmente más graves que los que pueden derivarse del propio incendio.

Para evitar el caso de tener una acumulación de electricidad electrostática, debemos tomar las siguientes medidas para reducir el riesgo de que se produzcan chispas y causen un incendio o una explosión:

- Eliminación o reducción de los procesos de fricción.
- Evitar, en lo posible, los procesos que produzcan pulverización, aspersión o caída libre.
- Utilización de materiales antiestáticos (poleas, moquetas, calzado, etc.) o aumento de su conductividad (por incremento de la humedad relativa, uso de aditivos o cualquier otro medio).
- Conexión a tierra, y entre sí cuando sea necesario, de los materiales susceptibles de adquirir carga, en especial, de los conductores o elementos metálicos aislados.
- Utilización de dispositivos específicos para la eliminación de cargas electrostáticas. En este caso la instalación no deberá exponer a los trabajadores a radiaciones peligrosas.

- Cualquier otra medida para un proceso concreto que garantice la no acumulación de cargas electrostáticas.

## 6. PRIMEROS AUXILIOS

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

Por otro lado, se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

## 7. NORMATIVA APLICABLE

A continuación, se muestra la normativa aplicable en materia de seguridad y salud en el transcurso de la obra:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002. Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 3275/1982. Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2004. Modificación del Real Decreto 1215/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1627/1997 relativo a las obras de construcción.
- Real Decreto 604/2006, que modifica los Reales Decretos 39/1997 y 1627/1997.

- Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 1109/2007 que desarrolla la Ley 32/2006.
- Cualquier otra disposición sobre la materia en vigor o que se promulgue durante la vigencia del documento.

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ANEXO 1: ESTUDIO DE  
ILUMINACIÓN**

***INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE  
UNA PLANTA DESALINIZADORA***

<b>Estudiante</b>	<i>Lobato, Martínez, Íñigo</i>
<b>Director/Directora</b>	<i>Buigues, Beraza, Garikoitz</i>
<b>Departamento</b>	<i>Ingeniería eléctrica</i>
<b>Curso académico</b>	<i>2022 - 2023</i>

*Bilbao, marzo de 2023*



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. LUMINARIAS.....	3
3. RESULTADOS .....	7
3.1. EDIFICIO A.....	7
3.1.1. Sala de proceso .....	7
3.1.2. Sala de control.....	8
3.2. EDIFICIO B.....	10
3.2.1. Sala de proceso .....	10
3.2.2. Sala de control.....	11
3.3. EDIFICIO C.....	13
3.3.1. Sala de proceso .....	13
3.3.2. Sala de control.....	16
3.4. EDIFICIO D .....	19
3.4.1. Sala de proceso .....	19
3.4.2. Sala de control.....	20
3.5. EDIFICIO E.....	22
3.5.1. Almacén.....	22
3.5.2. Sala de proceso .....	23
3.6. EDIFICIO F.....	26
3.7. EDIFICIO G .....	27
3.8. EDIFICIO H .....	28
3.9. EDIFICIO I.....	29
3.10. EDIFICIO J.....	37
3.11. EDIFICIO K.....	39

# ÍNDICE de FIGURAS

Figura 1: Hoja de datos de la luminaria 1.....	3
Figura 2: Hoja de datos de la luminaria 2.....	4
Figura 3: Hoja de datos de la luminaria de emergencia.....	5
Figura 4: Hoja de datos de la luminaria exterior.....	6
Figura 5: Disposición de luminarias de la sala de proceso de edificio A. ....	7
Figura 6: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio A (sala de proceso).....	8
Figura 7: Disposición de luminarias de la sala de control de edificio A. ....	9
Figura 8: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio A (sala de control).....	9
Figura 9: Disposición de luminarias de la sala de proceso del edificio B. ....	10
Figura 10: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio B (sala de proceso).....	11
Figura 11: Disposición de luminarias de la sala de control del edificio B.....	12
Figura 12: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio B (sala de control).....	12
Figura 13: Disposición de luminarias de la sala de proceso C1.....	13
Figura 14: Disposición de luminarias de la sala de proceso C2.....	14
Figura 15: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de proceso C1).....	15
Figura 16: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de proceso C2).....	16
Figura 17: Disposición de luminarias de la sala de control 1 del edificio C.....	16
Figura 18: Disposición de luminarias de la sala de control 2 del edificio C.....	17
Figura 19: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de control 1). ....	17
Figura 20: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de control 2). ....	18
Figura 21: Disposición de luminarias de la sala de proceso del edificio D.....	19
Figura 22: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio D (sala de proceso). ....	20
Figura 23: Disposición de luminarias de la sala de control del edificio D. ....	20
Figura 24: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio D (sala de control).....	21
Figura 25: Disposición de luminarias del almacén del edificio E.....	22
Figura 26: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio E (almacén). ....	23
Figura 27: Disposición de luminarias de la sala de proceso del edificio E. ....	24
Figura 28: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio E (sala de proceso).....	25
Figura 29: Disposición de luminarias del edificio F. ....	26
Figura 30: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio F. ....	27
Figura 31: Disposición de luminarias del edificio G.....	27
Figura 32: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio G.....	28
Figura 33: Disposición de luminarias del edificio H.....	28
Figura 34: Plano de iluminancia perpendicular del edificio H.....	29
Figura 35: Estancias del edificio I. ....	29
Figura 36: Disposición de luminarias del edificio I. ....	30
Figura 37: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 1 del edificio I.....	30
Figura 38: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 2 del edificio I.....	31
Figura 39: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 3 del edificio I.....	32
Figura 40: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 4 del edificio I.....	32
Figura 41: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 5 del edificio I.....	33
Figura 42: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 6 del edificio I.....	33
Figura 43: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 7 del edificio I.....	34
Figura 44: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 8 del edificio I.....	35
Figura 45: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 9 del edificio I.....	36
Figura 46: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 10 del edificio I.....	37
Figura 47: Disposición de luminarias del edificio J.....	38
Figura 48: Plano de iluminancia perpendicular del edificio J. ....	38
Figura 49: Disposición de luminarias del edificio K. ....	39
Figura 50: Plano de iluminancia perpendicular del edificio K. ....	40

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo recoge el estudio luminotécnico realizado en los diferentes edificios de la planta desalinizadora. El objetivo de este estudio es determinar el número, ubicación y características de las luminarias de cada estancia para cumplir con los valores de referencia presentes en la norma UNE 12464.1, la norma europea sobre la iluminación para interiores.

Este estudio es de vital importancia para el diseño de la instalación eléctrica de la planta, pues permite establecer la potencia requerida por las cargas de iluminación. Ha sido realizado mediante el software "DIALux EVO", el cual, a partir de las medidas geométricas de una estancia, indicando unos valores objetivo y escogiendo una distribución de luminarias específica, permite calcular el estado de iluminación del espacio, comprobando su cumplimiento con la norma UNE 12464.1. Dicha norma establece tres magnitudes mínimas que se deben cumplir en función de la actividad a realizar en cada espacio:

- Em, iluminancia mantenida en la superficie, medida en lux.
- UGR, Índice de deslumbramiento unificado.
- Ra, índice de rendimiento de colores.

Dada la naturaleza del proceso de desalinización, se han decidido tomar las siguientes categorías para las distintas estancias:

- Para los edificios de proceso (A, B, C, D, E, F, G y H), a excepción de las salas de control presentes en algunos de ellos, se ha tomado como referencia la tabla correspondiente a la industria química, los plásticos y el caucho. Específicamente, se ha tenido en cuenta la tipología de "instalaciones con intervención manual limitada".
- Para el edificio I (edificio de control), el edificio K (garita de vigilancia) y las salas de control de los edificios de proceso, se ha tomado como referencia la tabla correspondiente a las salas de oficinas para "Escritura, escritura a máquina, lectura y tratamiento de datos".
- Para el edificio J (almacén), se ha tomado como referencia la tabla correspondiente a los "almacenes y cuartos de almacén".

- Para el edificio L (edificio eléctrico), donde se ubica el centro de transformación, se ha determinado un nivel mínimo de iluminancia media de 150 lux.

La siguiente tabla recoge los valores tomados para cada tipo de edificio y/o estancia:

Edificio	Em (lux)	UGR	Ra
A, B, C, D, E, F, G y H (salvo salas de control)	150	28	40
I, K y salas de control	500	19	80
J	100	25	60

Otros parámetros definidos para el cálculo son:

- Altura del plano útil: 0,80 m
- Grado de reflexión de las superficies:
  - Suelo: 20 %
  - Techo: 70 %
  - Paredes: 50 %
- Factor de mantenimiento: 0,80

Con esta información de partida se ha procedido a realizar el estudio luminotécnico, cuyos resultados se muestran a continuación.

## 2. LUMINARIAS

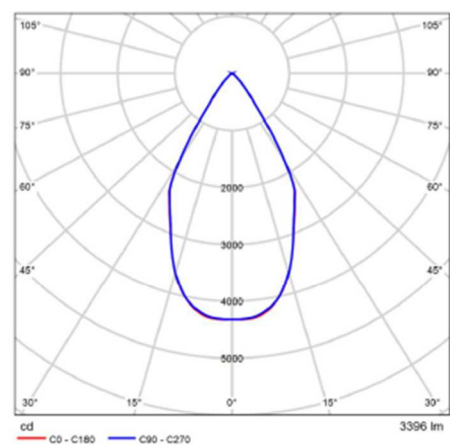
Para el alumbrado normal de la planta desalinizadora se han empleado dos modelos de luminarias:

- RIO - 31W 5000K CRI90 60D: Es el tipo de luminaria principal empleado en la instalación, adecuada para usos industriales, presente en todos los edificios a excepción del edificio de control. Sus características son:

RIO - 31W 5000K CRI90 60D



Article No.	LDG922 CXM-14 Gen 3
P	93.0 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	10188 lm
Luminous efficacy	109.5 lm/W
CCT	4916 K
CRI	90



Polar LDC for Light emission 1, 2 and 3

31w 3 head LED gimbal light in matte white color, with Luminus Gen-3 CXM-14 Chip, CCT: 5000K, CRI90, with 60deg reflector, 100-240v 900mA driver

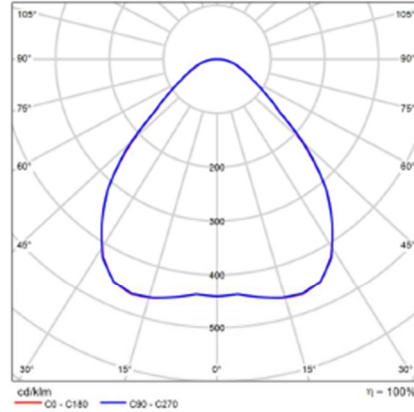
Figura 1: Hoja de datos de la luminaria 1.

- Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C: Es el tipo de luminaria empleado en el edificio de control. Sus características son:

Regent - Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office L2 25W 3700lm C



Article No.	1022.5549 - SOLO SO CR528 LED3700-840 DIR WH DALI
P	31.0 W
$\Phi_{Lamp}$	3700 lm
$\Phi_{Luminaire}$	3700 lm
$\eta$	100.00 %
Luminous efficacy	119.3 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Polar LDC

Recessed ceiling luminaire Solo Slim Office for false ceilings, with LED, system power: 25 W, luminous flux of luminaire 3700 lm, colour rendering index CRI >80, 4000 K, neutral white, colour tolerances SDCM 3, lifetime LED L80 50'000 h, office-compatible and glare-free according to EN 12464-1 (UGR < 19;  $L_{max} \geq 65^\circ \leq 3000 \text{ cd/m}^2$ ), 230 V, direct light emission, housing in metal, white, with ceiling trim, neat shadow gap, diffuser in polymethyl methacrylate (PMMA) office-suitable microprismatic CLD optics (Controlled Luminance Diffusor) for perfect glare control, 1 Integral control gear, DALI, Regent certified MINERGIE®-Modul luminaires S.A.F.E. 2019 (Re-0290), luminaire complies with the strict requirements for Minergie-certified luminaires protection class I, ingress protection IP40, glow wire test 650 °C, this product contains a light source of energy efficiency class B  $\varnothing = 528 \text{ mm}$ ,  $DA\varnothing = 518 \text{ mm}$ ,  $ET = 100 \text{ mm}$

Glare evaluation according to UGR												
$\mu$ Ceiling	76	70	50	50	20	20	70	70	36	50	39	
$\mu$ Walls	50	30	50	30	30	30	30	50	50	30	23	
$\mu$ Floor	30	30	30	30	20	20	20	20	20	20	23	
Room size X Y	Viewing direction at right angles to lamp axis						Viewing direction parallel to lamp axis					
2H	2H	18.3	17.4	16.6	17.7	17.9	16.3	17.4	16.6	17.7	17.9	
3H	3H	17.0	16.9	17.5	16.3	16.6	17.8	18.1	17.3	18.3	18.6	
4H	4H	17.4	18.4	17.7	18.6	18.9	17.4	18.4	17.8	18.7	19.0	
6H	6H	17.8	18.7	18.1	19.0	19.3	17.8	18.7	18.2	19.0	19.3	
8H	8H	17.9	18.8	18.3	19.1	19.4	18.9	18.9	19.3	19.2	19.5	
12H	12H	18.1	18.9	18.5	19.3	19.6	18.1	19.0	18.5	19.3	19.6	
4H	2H	18.5	17.5	18.9	17.8	18.1	16.9	17.6	16.9	17.8	18.1	
3H	3H	17.5	18.3	17.9	18.6	19.0	17.5	18.5	17.9	18.6	19.0	
4H	4H	18.0	18.8	18.4	19.1	19.5	16.1	18.8	16.4	18.1	19.5	
6H	6H	18.6	19.2	19.0	19.6	20.0	16.8	19.3	19.0	19.6	20.0	
8H	8H	18.8	19.4	19.5	19.8	20.2	16.8	19.4	19.3	19.8	20.2	
12H	12H	19.1	19.8	19.5	20.0	20.5	19.8	19.6	19.5	20.0	20.4	
6H	4H	18.3	18.9	18.7	19.3	19.7	18.3	18.9	18.7	19.3	19.7	
4H	4H	18.0	18.5	18.4	19.0	20.4	19.8	19.5	19.4	19.9	20.4	
8H	8H	19.3	19.8	19.8	20.2	20.7	19.3	19.8	19.8	20.2	20.7	
12H	12H	19.6	20.0	20.1	20.5	21.0	19.6	20.0	20.1	20.5	21.0	
12H	4H	18.3	18.8	18.7	19.3	19.7	18.3	18.9	18.7	19.3	19.7	
8H	8H	18.0	18.5	18.6	19.9	20.4	19.1	19.6	19.6	20.0	20.4	
4H	4H	19.4	19.9	19.9	20.3	20.8	19.9	19.9	20.0	20.3	20.8	
Variation of the observer position for the luminaire distance S												
S = 1.0H	+0.4 / -0.5						+0.4 / -0.5					
S = 1.5H	+0.8 / -0.9						+0.8 / -0.9					
S = 2.0H	+1.7 / -1.3						+1.7 / -1.3					
Standard table	B704						B704					
Corrected luminance	1.5						1.5					
Corrected glare indices referring to 3700lm Total luminous flux												

UGR diagram (SHR: 0.25)

Figura 2: Hoja de datos de la luminaria 2.

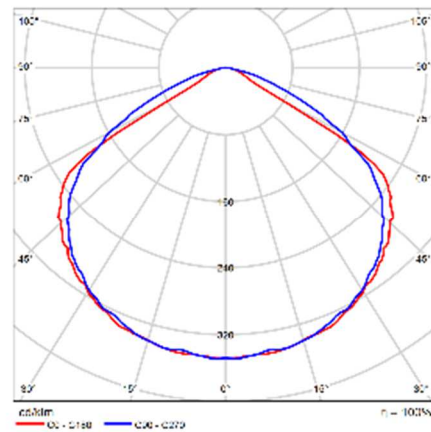
Para el alumbrado de emergencia, se ha optado por el siguiente modelo:

## Eaton Emergency Lighting - Safelite 30m,MNM,IP65,200lm,1H

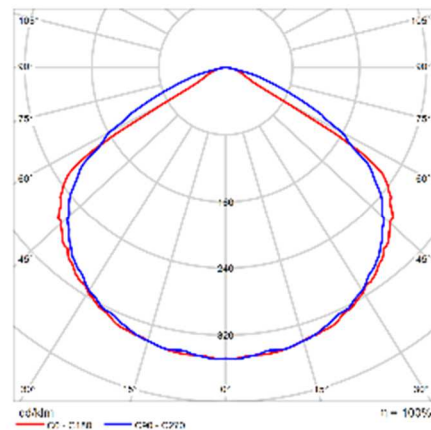


Article No.	SL3MNM65F1C3A
P	2.5 W
P <sub>Emergency lighting</sub>	2.5 W
$\Phi_{Lamp}$	60 lm
$\Phi_{Luminaire}$	60 lm
$\Phi_{Emergency\ lighting}$	200 lm
$\eta$	100.00 %
ELF	100 %

- Compact self-contained luminaire for all applications (Escape route, Anti-panic, Exit sign)
- IP42 & IP65 versions with same dimensions
- One product throughout installation for same look and feel across the building
- EN compliance
- Luminaire suitable for maintained and non maintained mode
- Accessories available for a better integration in all buildings
- Easily installed as retro fit due to good performance ensuring scheme compliance
- 3h Duration
- Latest generation LEDs with high lumen/watt ratio
- Manual test via magnet
- Delivered with a set 3 adhesive exit pictograms (L, R, D)



Polar LDC



Polar LDC

Figura 3: Hoja de datos de la luminaria de emergencia.

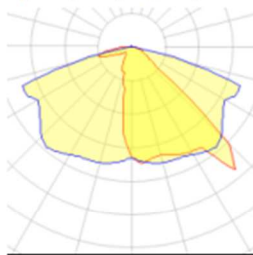
Finalmente, para el alumbrado exterior, la luminaria empleada es:

STARBEAM ECO - ROADWAY DISTRIBUTION - 31W - 4000K  
 SB19679  
 THORLUX LIGHTING



Supremely efficient long life IP66 pole top and wall mounted LED luminaires with aluminium cast body and wiring box and polycarbonate cover.

Light output 1 (integrated)



Lamp type	LED	CCT	4000 K
Nominal lamp power	35 W	CRI	70
Total flux	5070 lm	LOR	100%
Luminous efficacy	145 lm/W	Total power	35 W

Mounting mode

Pole top mounted

Shape and measurements

Length: 220 mm

Width: 400 mm

Height: 135 mm

Adjustability

Fixed

Electric

System power: 35 W

Protection

IP: 66

Figura 4: Hoja de datos de la luminaria exterior.



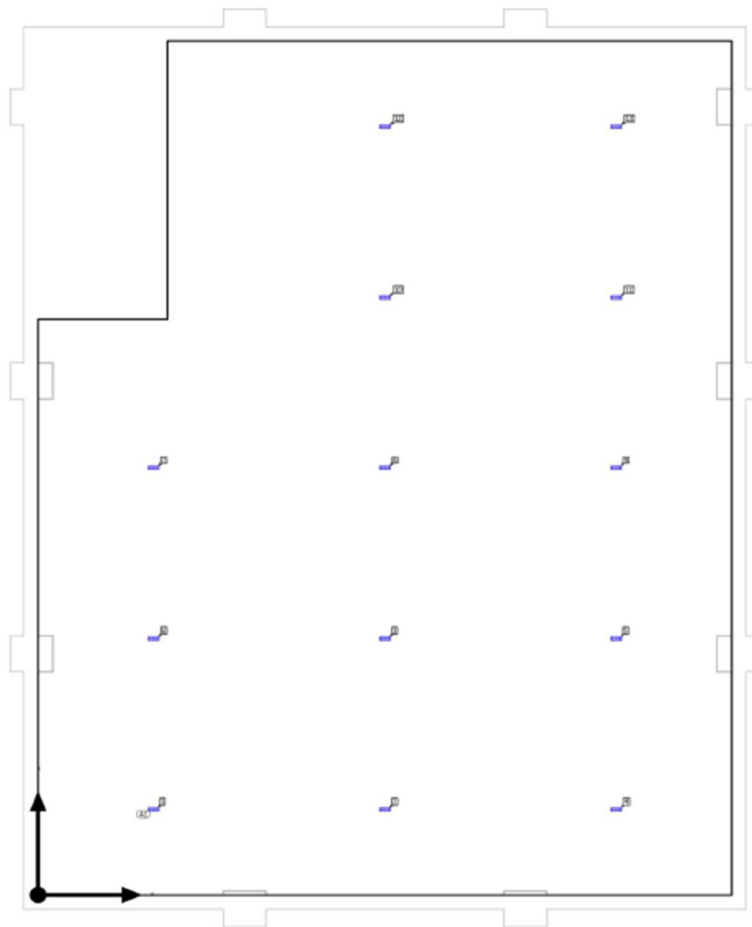
## 3. RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados del estudio luminotécnico realizado en cada edificio de la planta desalinizadora.

### 3.1. EDIFICIO A

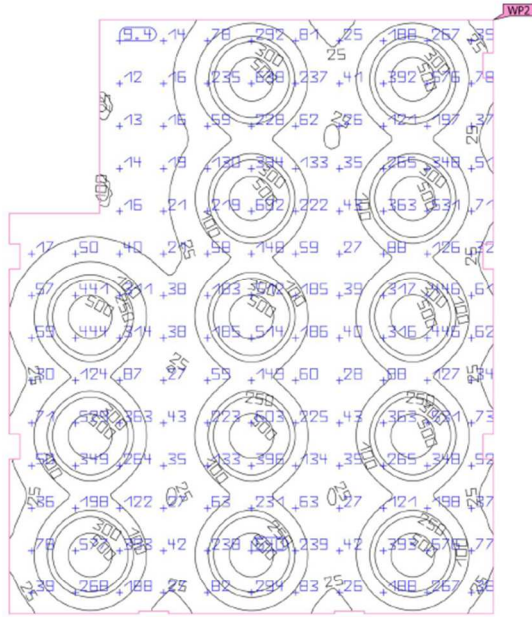
#### 3.1.1. Sala de proceso

La disposición de luminarias en la sala de proceso (donde se ubican los equipos principales de la planta desalinizadora) del edificio A son:



*Figura 5: Disposición de luminarias de la sala de proceso de edificio A.*

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 2)	174 lx	7.36 lx	647 lx	0.042	0.011	WP2
Perpendicular illuminance (adaptive)	( $\geq 150$ lx)					
Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	✓					

Figura 6: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio A (sala de proceso).

### 3.1.2. Sala de control

La disposición de luminarias en la sala de control del edificio A es:

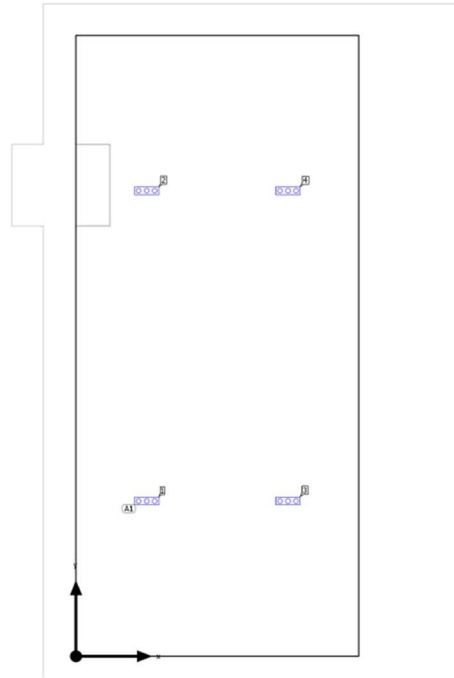
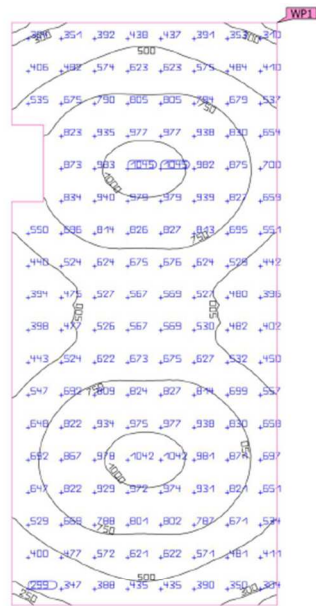


Figura 7: Disposición de luminarias de la sala de control de edificio A.

El resultado del estudio luminotécnico es:



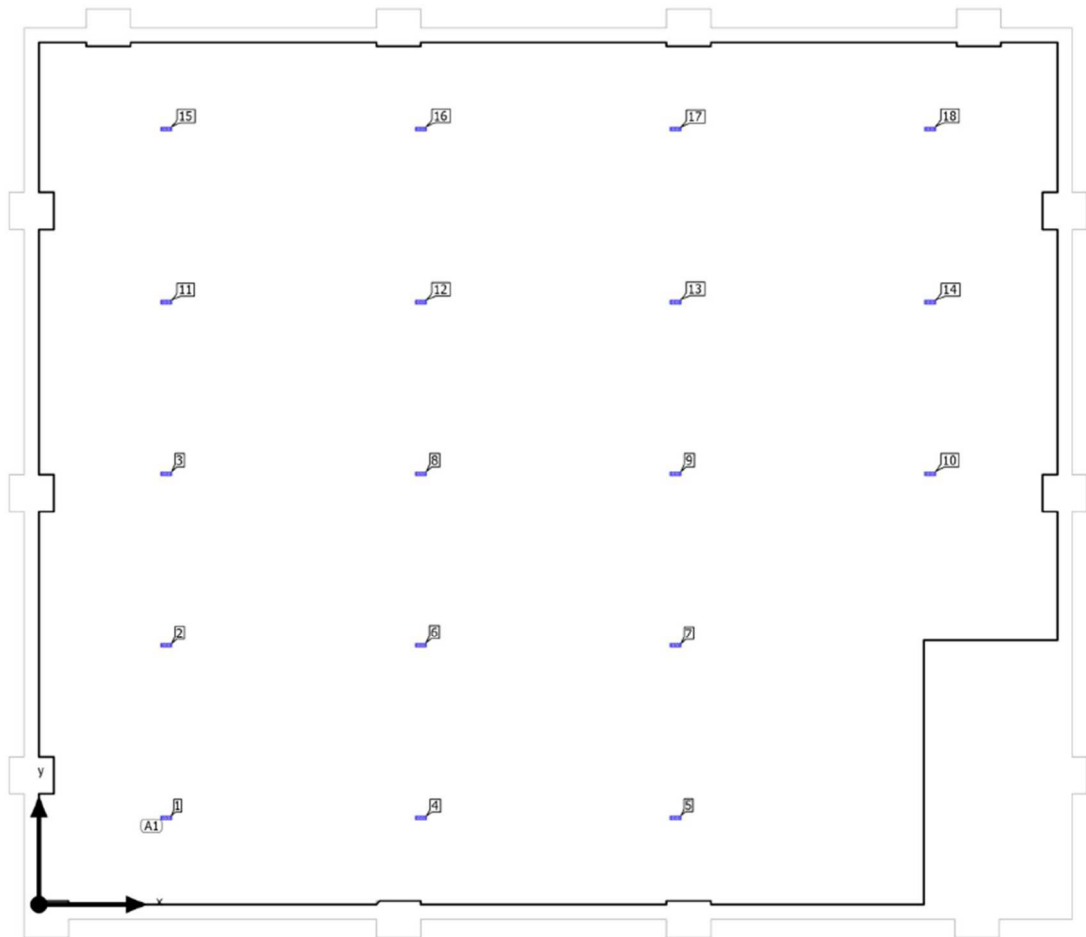
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 1)	661 lx	218 lx	1054 lx	0.33	0.21	WP1
Perpendicular illuminance (adaptive)	$\geq 500$ lx					
Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	✓					

Figura 8: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio A (sala de control).

## 3.2. EDIFICIO B

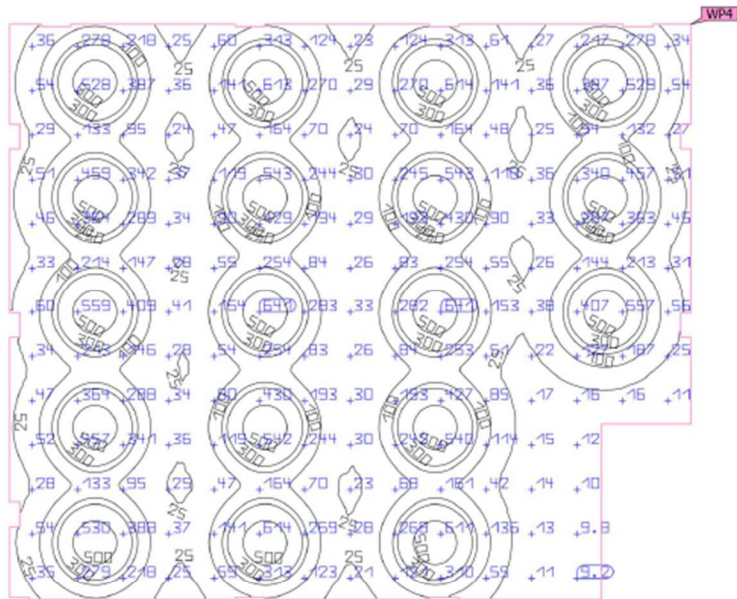
### 3.2.1. Sala de proceso

La disposición de luminarias en la sala de proceso del edificio B son:



*Figura 9: Disposición de luminarias de la sala de proceso del edificio B.*

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	E (Target)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Index
Working plane (Space 2) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	171 lx (≥ 150 lx) ✓	9.19 lx	647 lx	0.054	0.014	WP4

Figura 10: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio B (sala de proceso).

### 3.2.2. Sala de control

La disposición de luminarias en la sala de control del edificio B es:

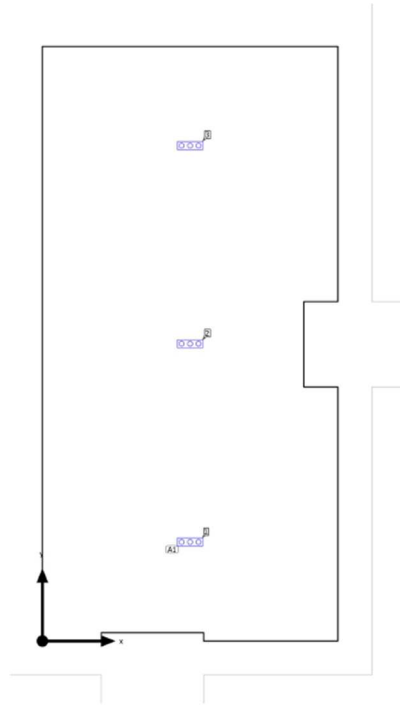
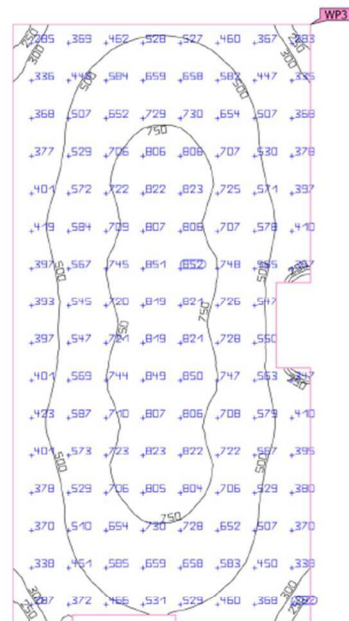


Figura 11: Disposición de luminarias de la sala de control del edificio B.

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 1)	577 lx	119 lx	870 lx	0.21	0.14	WP3
Perpendicular illuminance (adaptive)	( $\geq 500$ lx)					
Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	✓					

Figura 12: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio B (sala de control).

### 3.3. EDIFICIO C

#### 3.3.1. Sala de proceso

El edificio C está dividido en dos zonas de proceso, C1 y C2. La disposición de luminarias en ellos es:

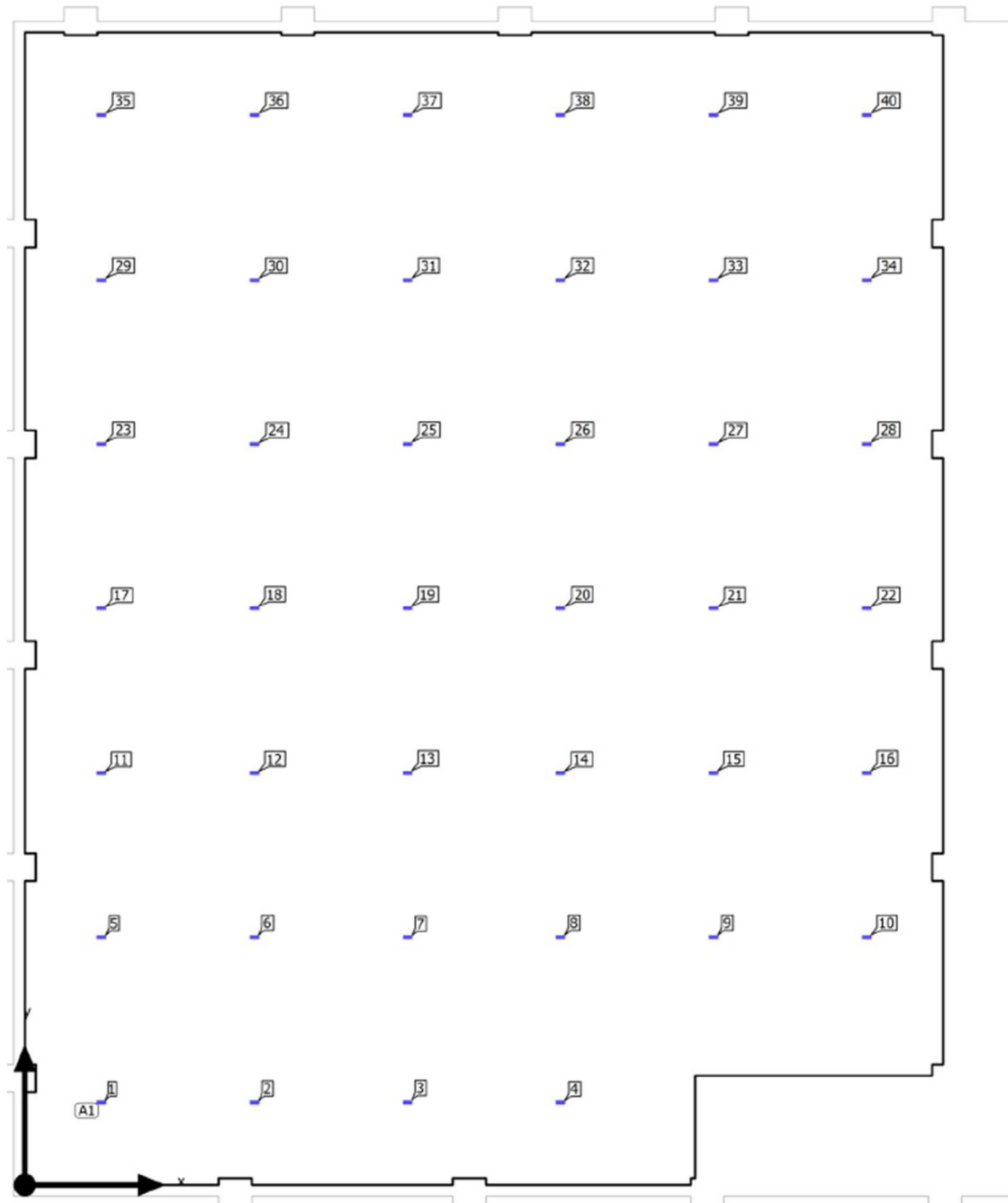


Figura 13: Disposición de luminarias de la sala de proceso C1.

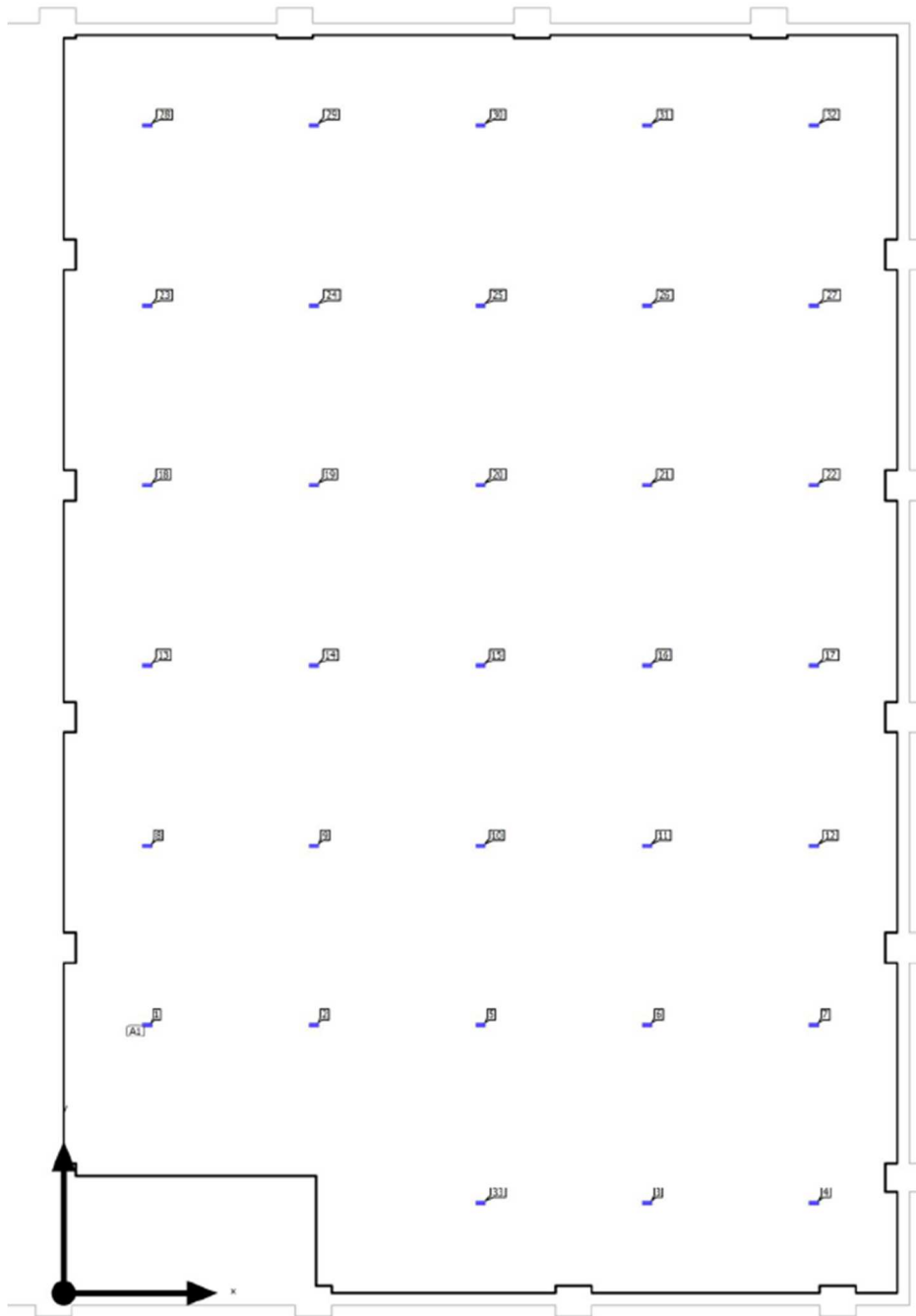
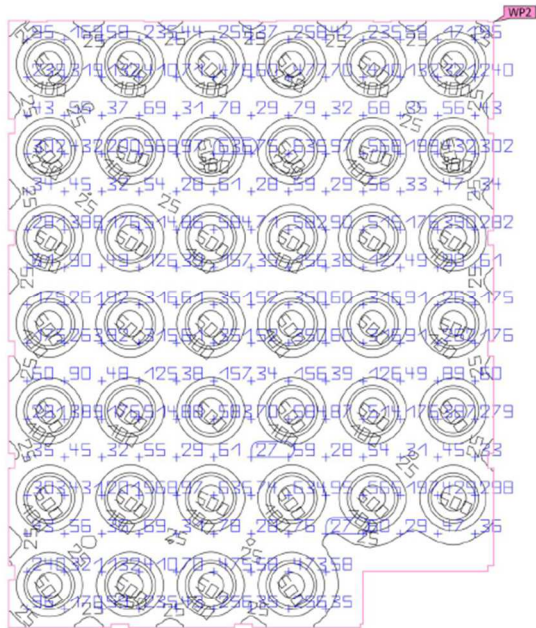


Figura 14: Disposición de luminarias de la sala de proceso C2.

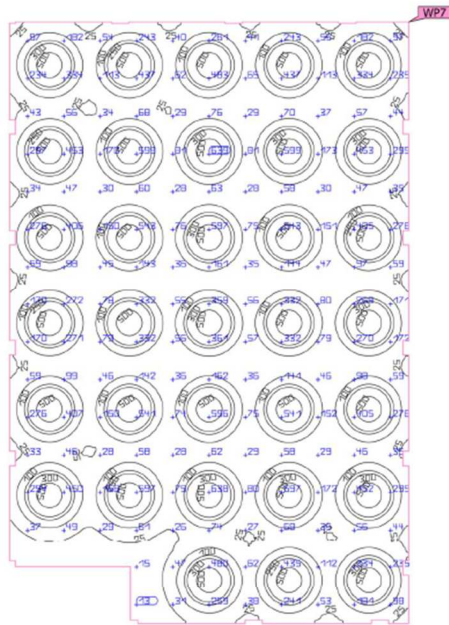
El resultado del estudio luminotécnico es:





Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 1)	175 lx	9.65 lx	648 lx	0.055	0.015	WP2
Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	( $\geq 150$ lx) ✓					

Figura 15: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de proceso C1).



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 3) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	174 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	12.1 lx	647 lx	0.070	0.019	WP7

Figura 16: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de proceso C2).

### 3.3.2. Sala de control

La disposición de luminarias en las salas de control del edificio C es:



Figura 17: Disposición de luminarias de la sala de control 1 del edificio C.

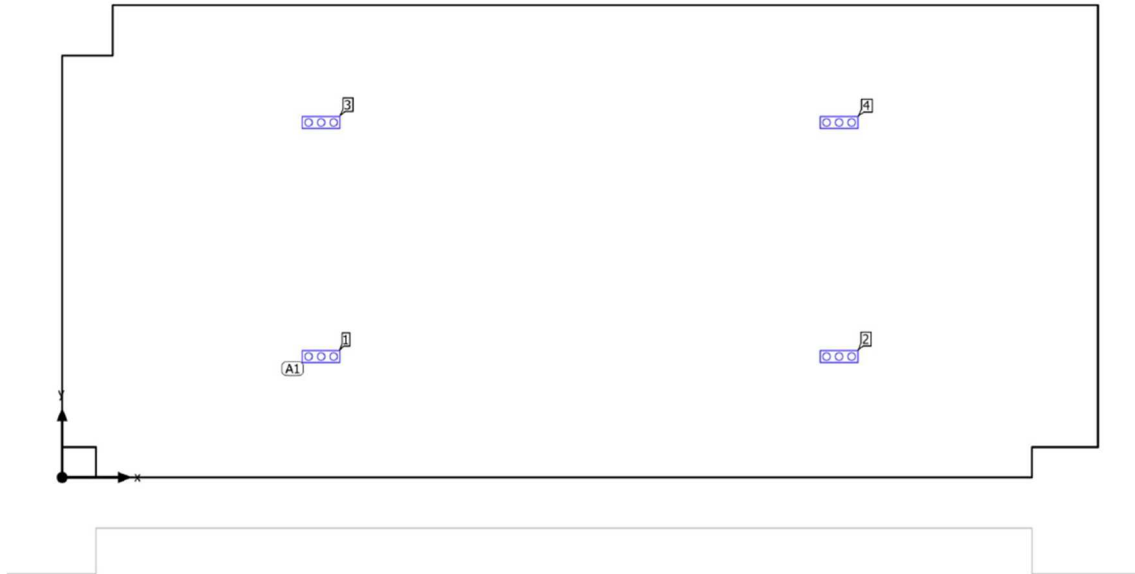
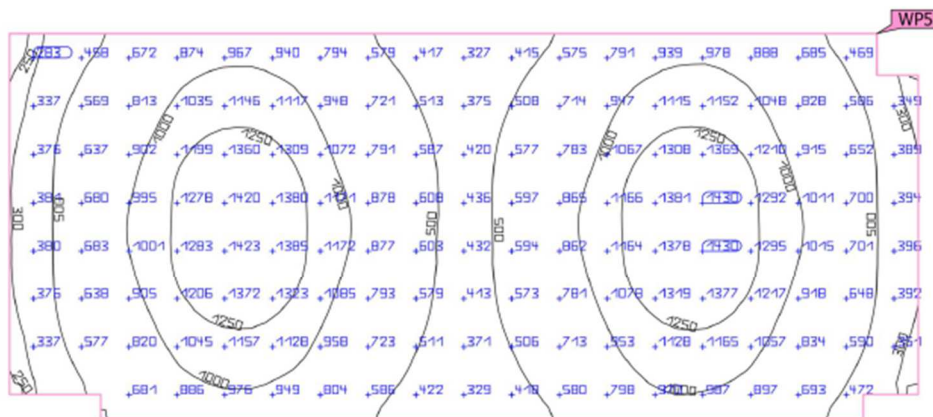


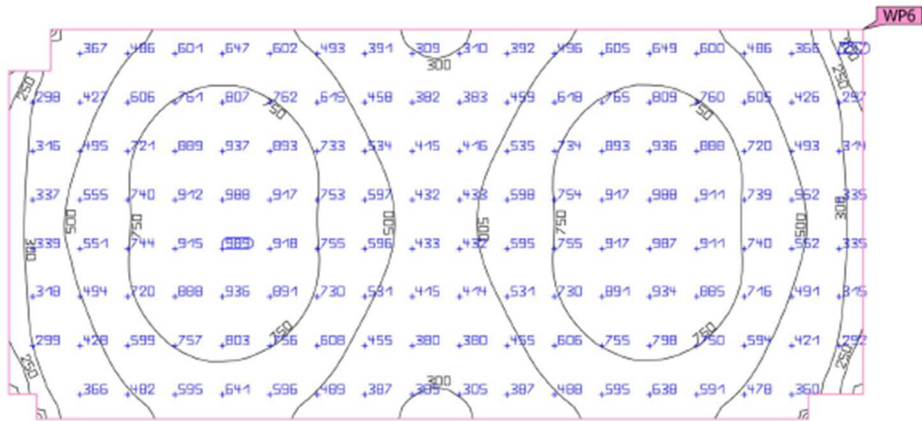
Figura 18: Disposición de luminarias de la sala de control 2 del edificio C.

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	E (Target)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Index
Working plane (Space 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	826 lx (≥ 500 lx) ✓	226 lx	1436 lx	0.27	0.16	WPS

Figura 19: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de control 1).



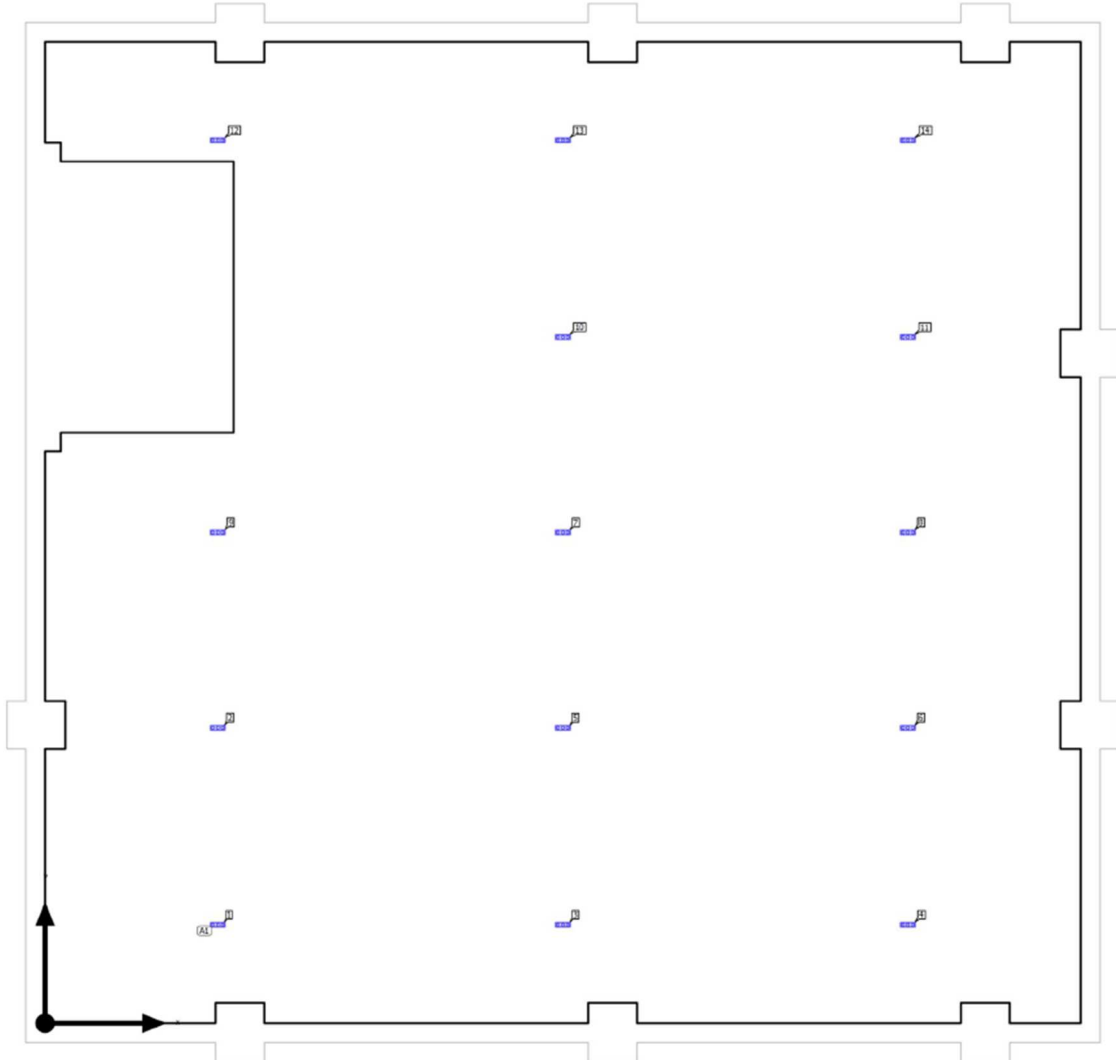
Properties	E (Target)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Index
Working plane (Space 2) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	596 lx (≥ 500 lx) ✓	187 lx	993 lx	0.31	0.19	WP6

Figura 20: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio C (sala de control 2).

## 3.4. EDIFICIO D

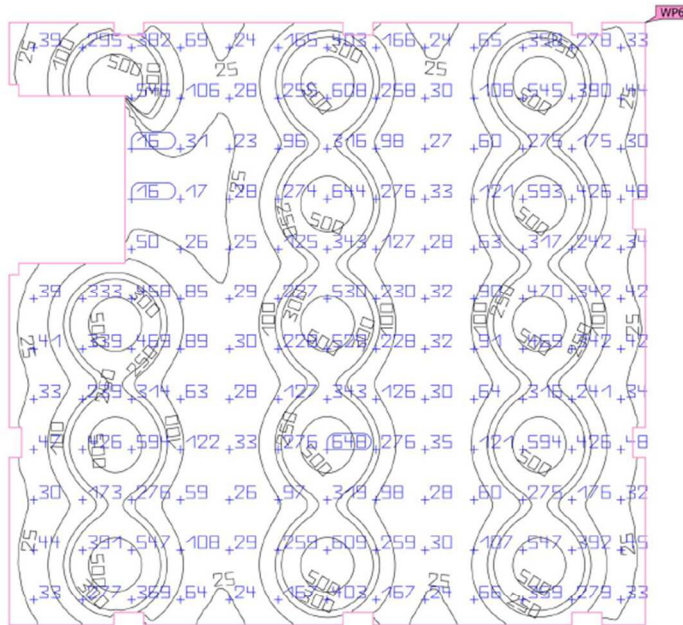
### 3.4.1. Sala de proceso

La disposición de luminarias de la sala de proceso del edificio D es:



*Figura 21: Disposición de luminarias de la sala de proceso del edificio D.*

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 2)	196 lx	13.6 lx	668 lx	0.069	0.020	WP6
Perpendicular illuminance (adaptive)	$\geq 150$ lx					
Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	✓					

Figura 22: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio D (sala de proceso).

### 3.4.2. Sala de control

La disposición de luminarias de la sala de control del edificio D es:

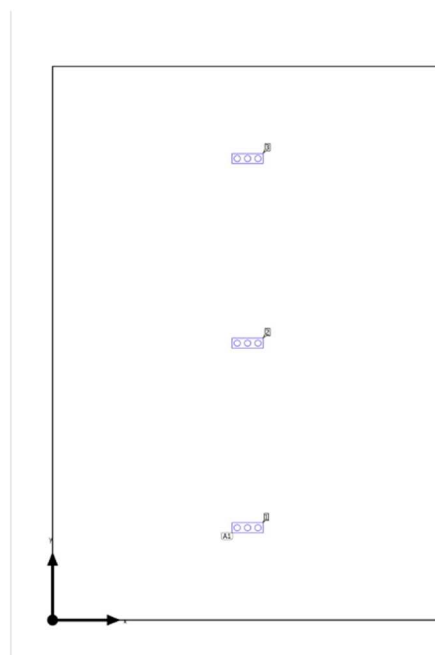
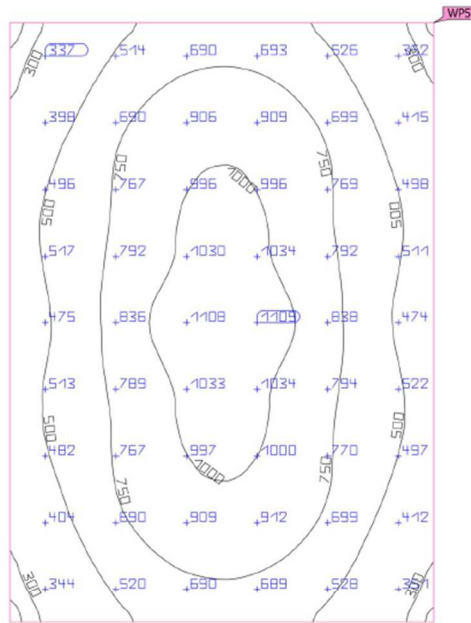


Figura 23: Disposición de luminarias de la sala de control del edificio D.

El resultado del estudio luminotécnico es:



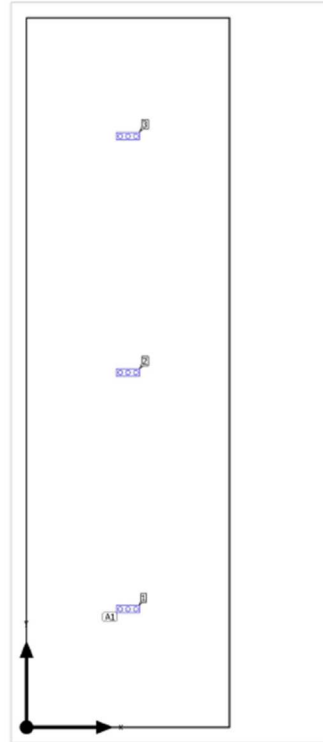
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	690 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	229 lx	1133 lx	0.33	0.20	WPS

Figura 24: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio D (sala de control).

## 3.5. EDIFICIO E

### 3.5.1. Almacén

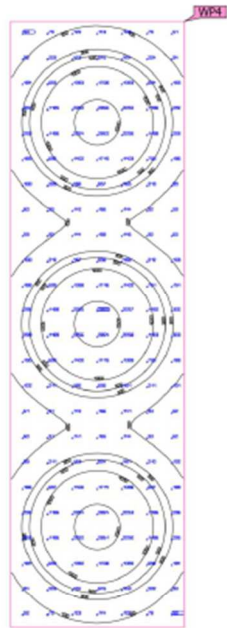
La disposición de luminarias en el almacén del edificio E es la siguiente:



*Figura 25: Disposición de luminarias del almacén del edificio E.*

El resultado del estudio luminotécnico es:





Properties	$E$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 3) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	697 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	42.6 lx	2992 lx	0.061	0.014	WP4

Figura 26: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio E (almacén).

### 3.5.2. Sala de proceso

La disposición de luminarias en la sala de proceso del edificio E es:

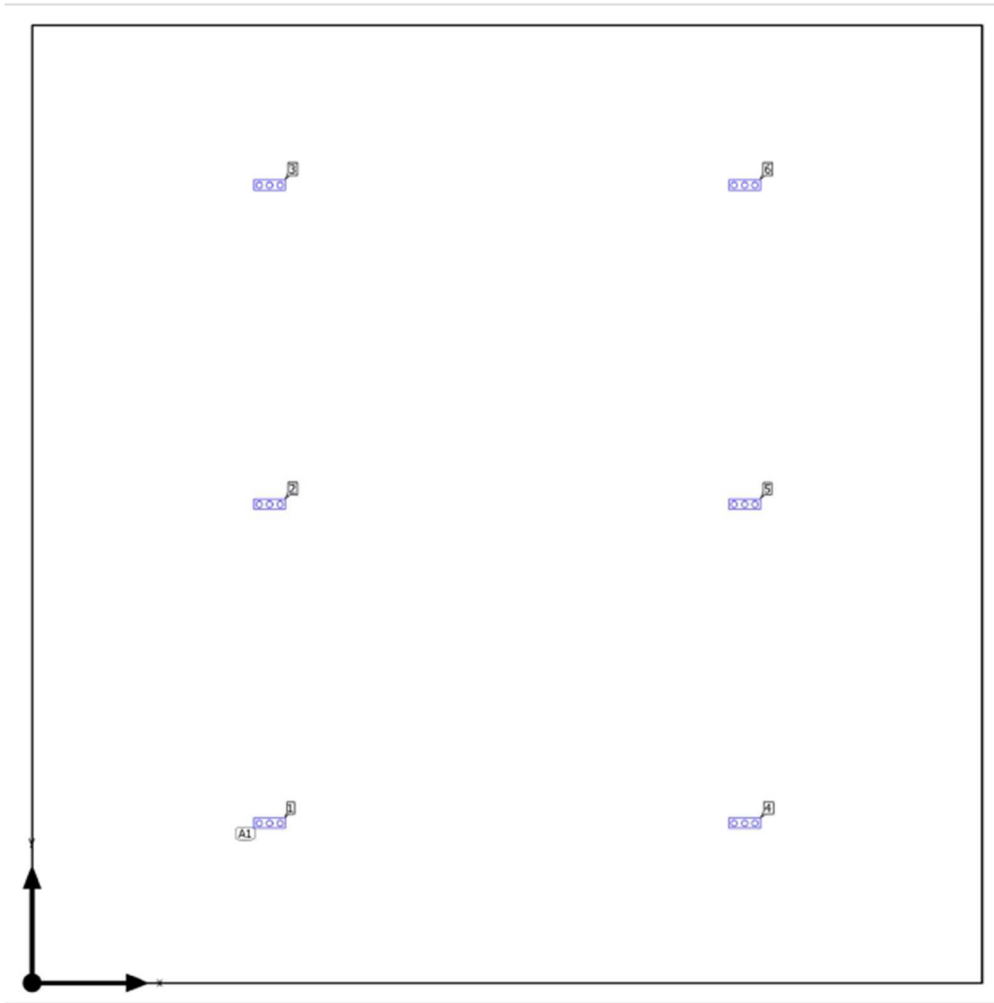
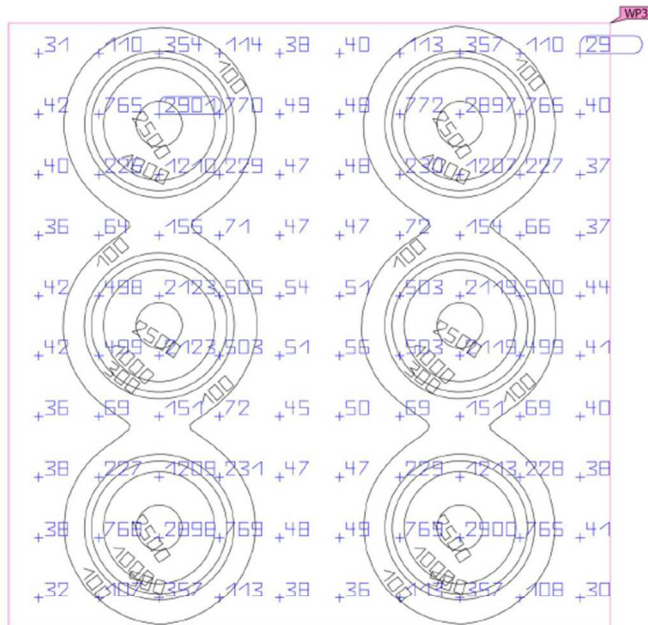


Figura 27: Disposición de luminarias de la sala de proceso del edificio E.

El resultado del estudio luminotécnico es:

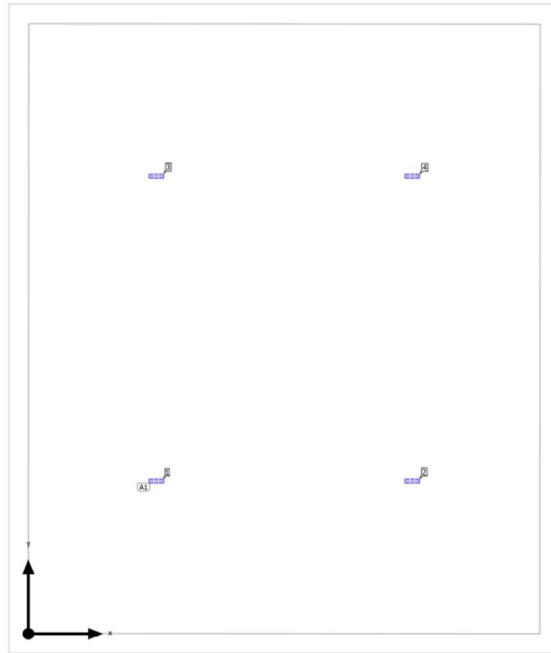


Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 2) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	422 lx (≥ 150 lx) ✓	29.2 lx	2992 lx	0.069	0.010	WP3

Figura 28: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio E (sala de proceso).

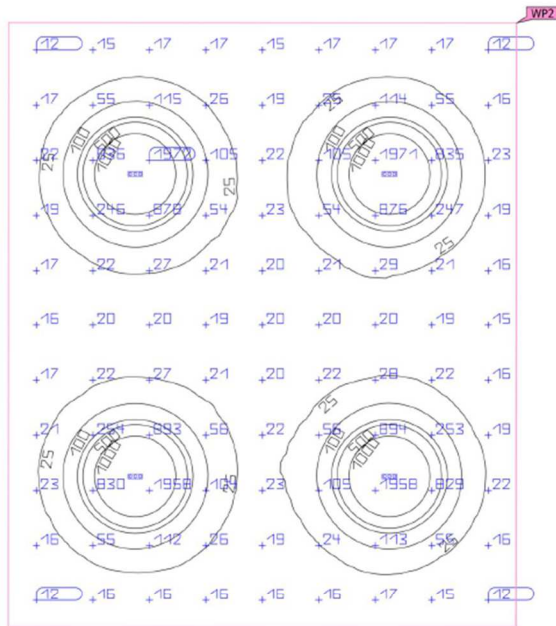
### 3.6. EDIFICIO F

La disposición de luminarias del edificio F es:



*Figura 29: Disposición de luminarias del edificio F.*

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	181 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	11.1 lx	2430 lx	0.061	0.005	WP2

Figura 30: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio F.

### 3.7. EDIFICIO G

La disposición de luminarias del edificio G es:

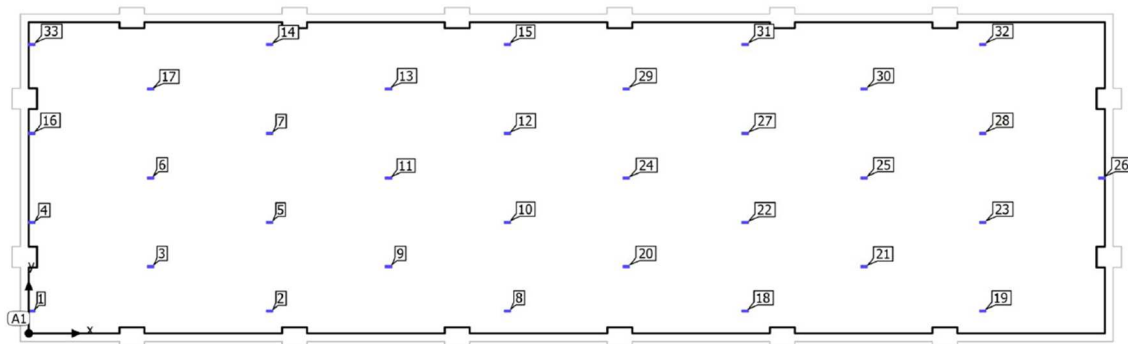
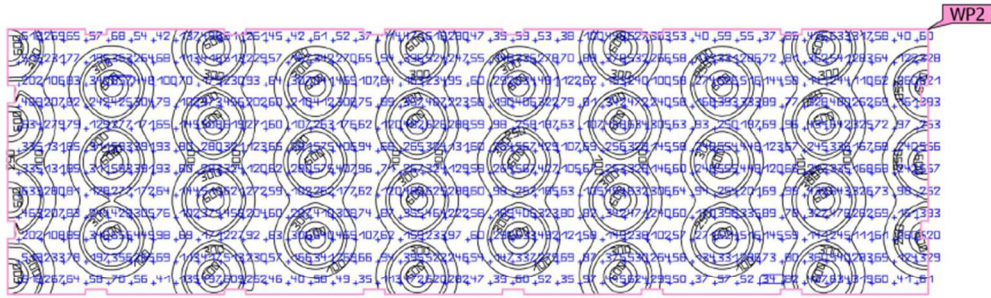


Figura 31: Disposición de luminarias del edificio G.

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	237 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	26.8 lx	693 lx	0.11	0.039	WP2

Figura 32: Plano de iluminancia perpendicular en el edificio G.

### 3.8. EDIFICIO H

La disposición de luminarias del edificio H es:

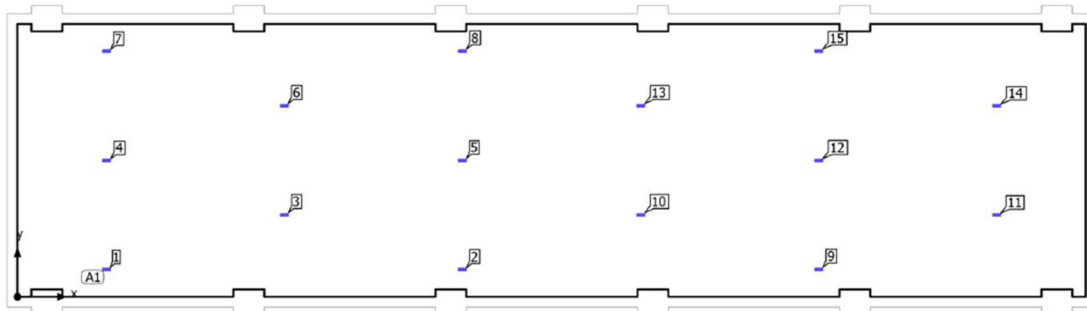
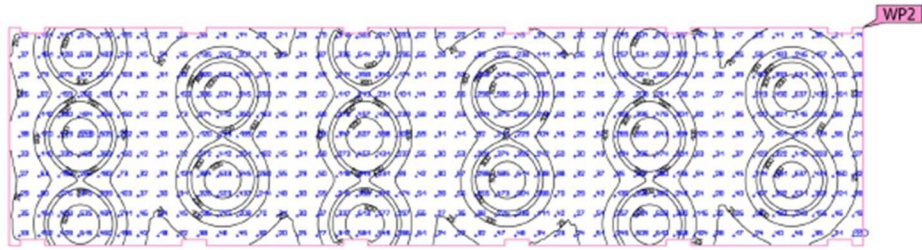


Figura 33: Disposición de luminarias del edificio H.

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	E (Target)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Index
Working plane (Space 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	189 lx (≥ 150 lx) ✓	9.68 lx	671 lx	0.051	0.014	WP2

Figura 34: Plano de iluminancia perpendicular del edificio H.

### 3.9. EDIFICIO I

Para realizar el estudio en el edificio I, se ha asignado la siguiente numeración a cada habitación:

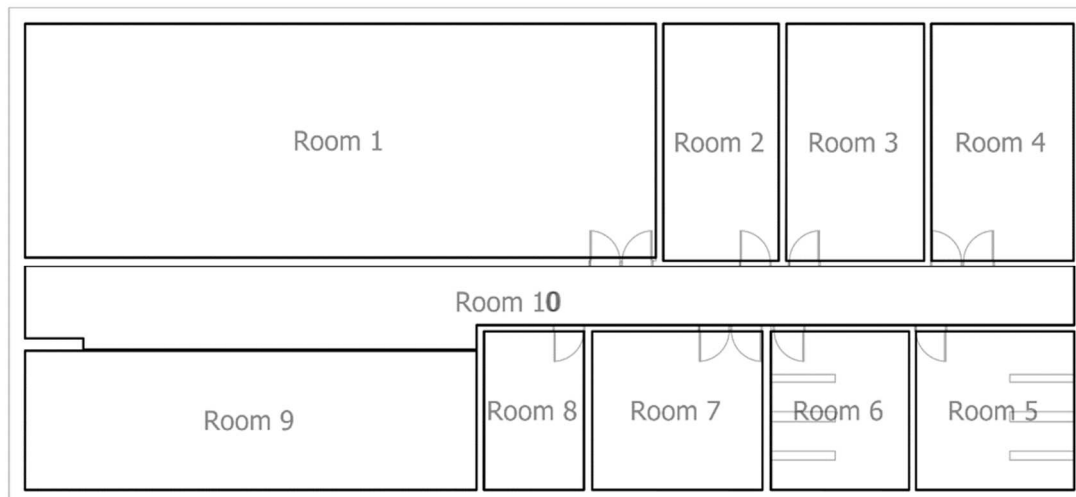


Figura 35: Estancias del edificio I.

La disposición de luminarias del edificio I es:

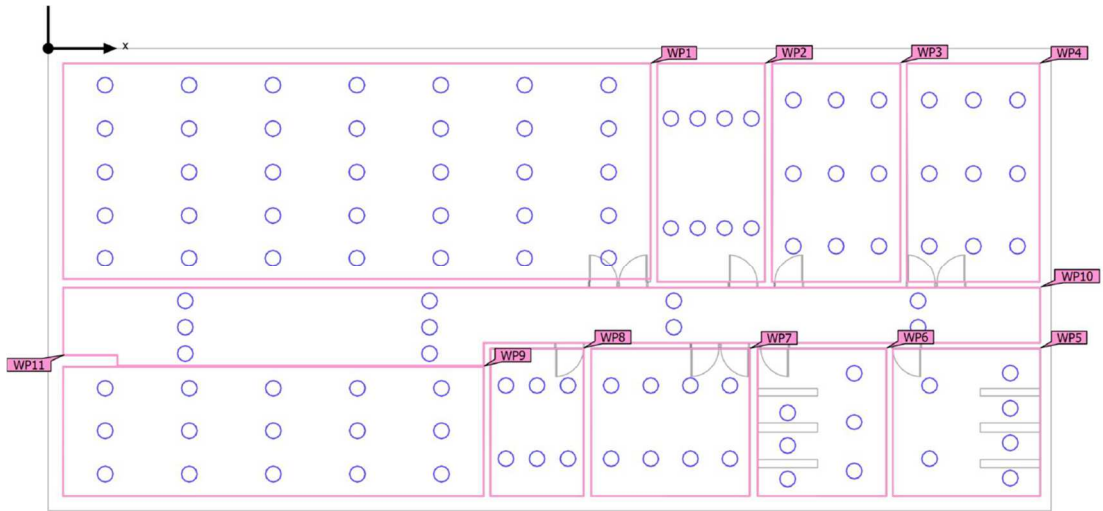
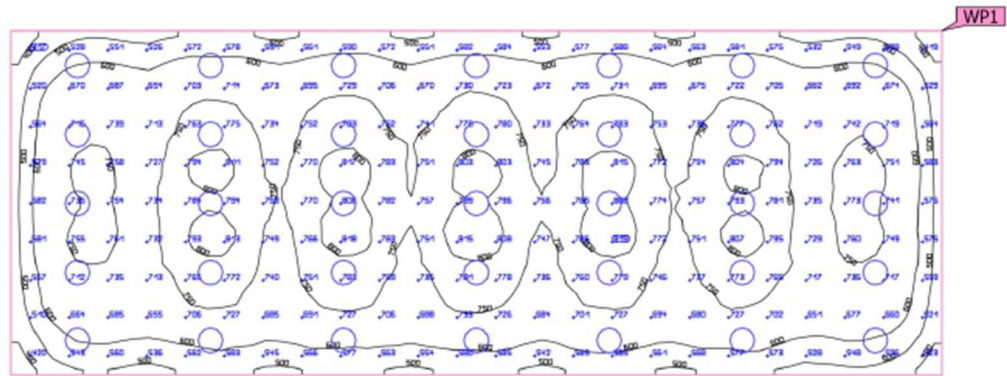


Figura 36: Disposición de luminarias del edificio I.

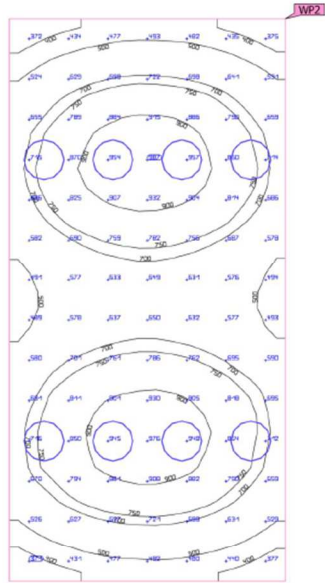
El resultado del estudio luminotécnico, para cada una de las habitaciones, es:



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Room 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	687 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	328 lx	823 lx	0.48	0.40	WP1

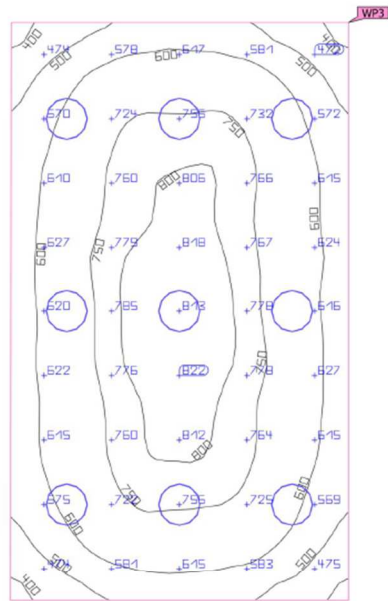
Figura 37: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 1 del edificio I.





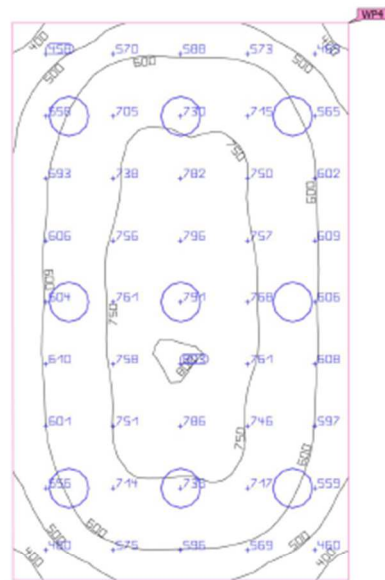
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Room 2) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	689 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	318 lx	989 lx	0.46	0.32	WP2

Figura 38: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 2 del edificio I.



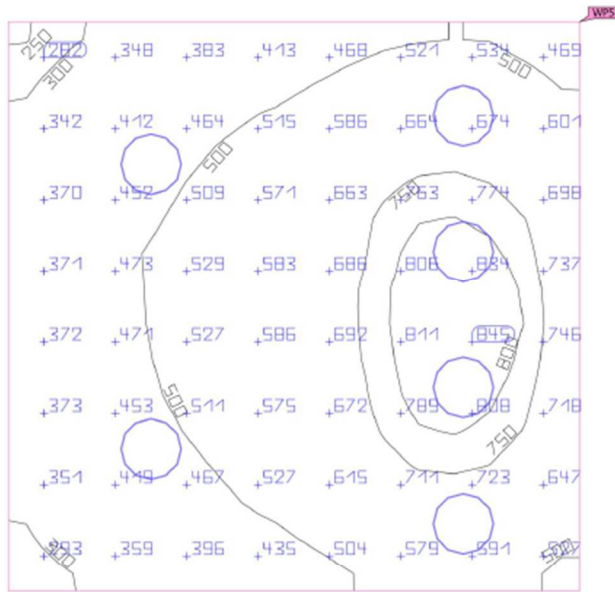
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Room 3) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	665 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	375 lx	822 lx	0.56	0.46	WP3

Figura 39: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 3 del edificio I.



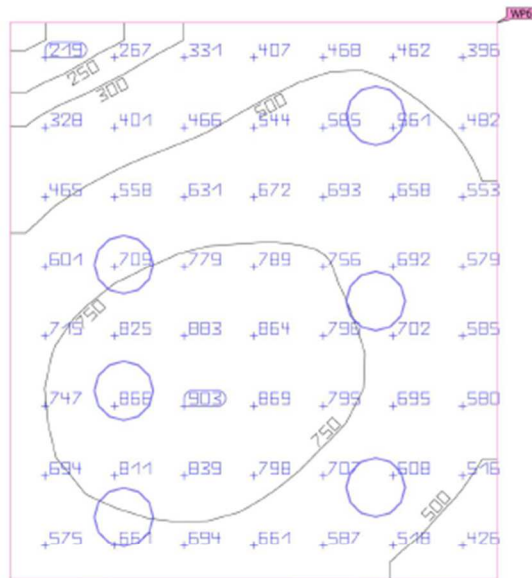
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Room 4) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	650 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	363 lx	802 lx	0.56	0.45	WP4

Figura 40: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 4 del edificio I.



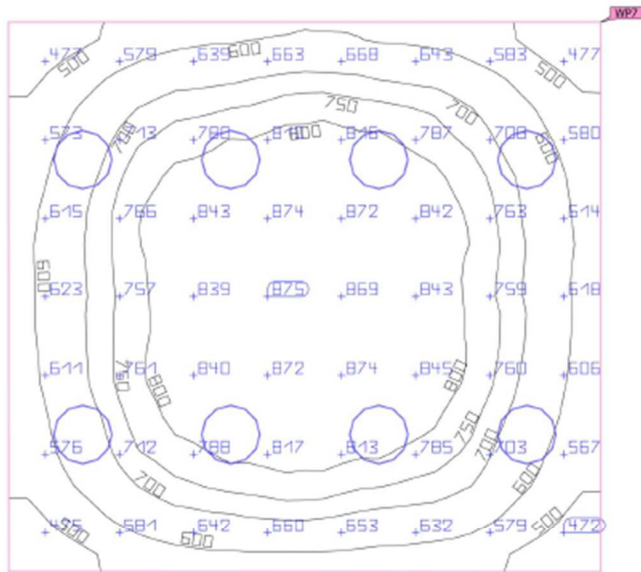
Properties	E (Target)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Index
Working plane (Room 5) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	556 lx (≥ 500 lx) ✓	245 lx	853 lx	0.44	0.29	WP5

Figura 41: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 5 del edificio I.



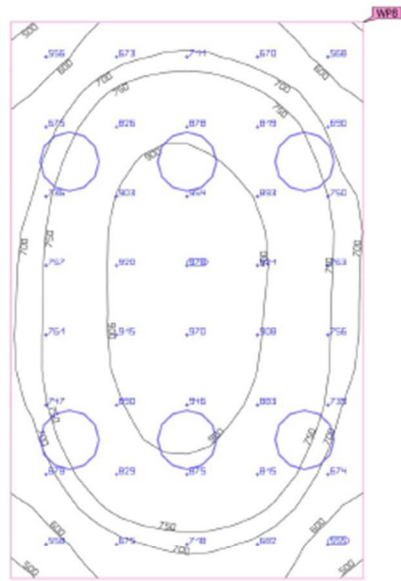
Properties	E (Target)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Index
Working plane (Room 6) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	624 lx (≥ 500 lx) ✓	189 lx	906 lx	0.30	0.21	WP6

Figura 42: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 6 del edificio I.



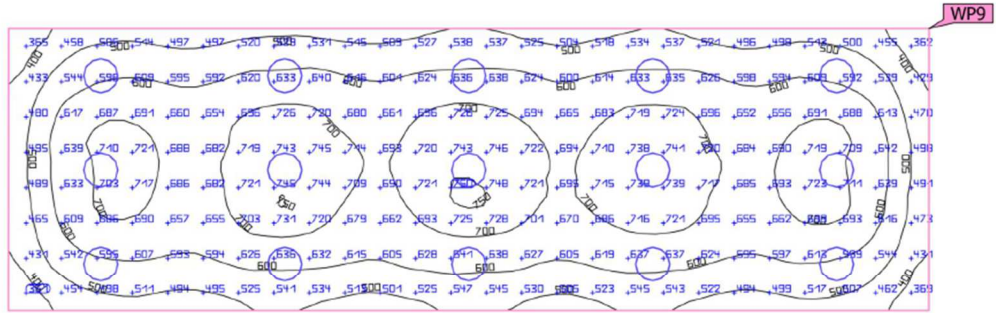
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Room 7) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	704 lx (≥ 500 lx) ✓	402 lx	886 lx	0.57	0.45	WP7

Figura 43: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 7 del edificio I.



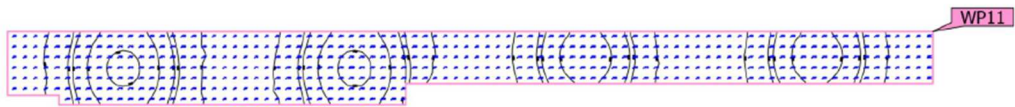
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Room 8) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	779 lx (≥ 500 lx) ✓	499 lx	977 lx	0.64	0.51	WP8

Figura 44: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 8 del edificio I.



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Room 9) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	614 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	316 lx	752 lx	0.51	0.42	WP9

Figura 45: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 9 del edificio I.



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 10) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	289 lx ( $\geq 200$ lx) ✓	41.0 lx	813 lx	0.14	0.050	WP11

Figura 46: Plano de iluminancia perpendicular de la habitación 10 del edificio I.

### 3.10. EDIFICIO J

La disposición de luminarias del edificio J es:

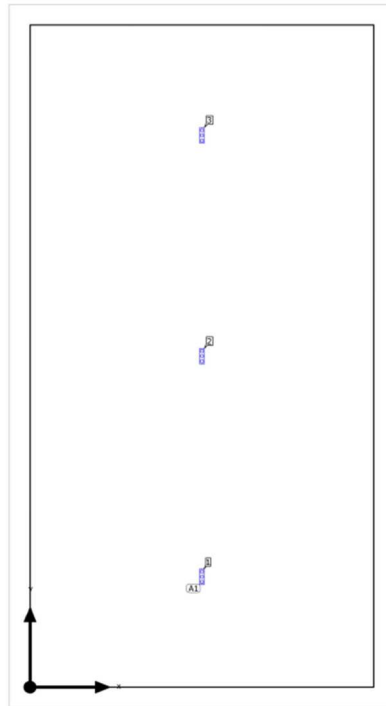
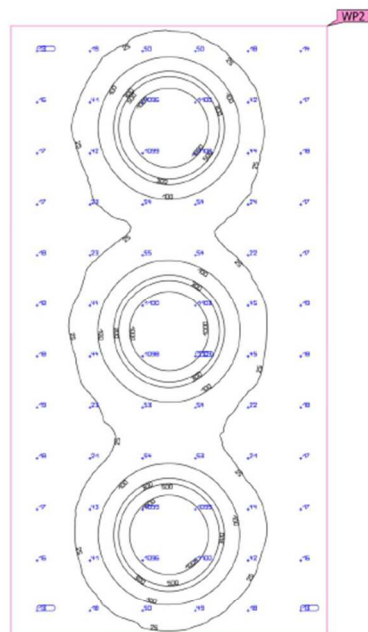


Figura 47: Disposición de luminarias del edificio J.

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Index
Working plane (Space 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	204 lx ( $\geq 100$ lx) ✓	11.6 lx	2434 lx	0.057	0.005	WP2

Figura 48: Plano de iluminancia perpendicular del edificio J.



### 3.11. EDIFICIO K

La disposición de luminarias del edificio K es:

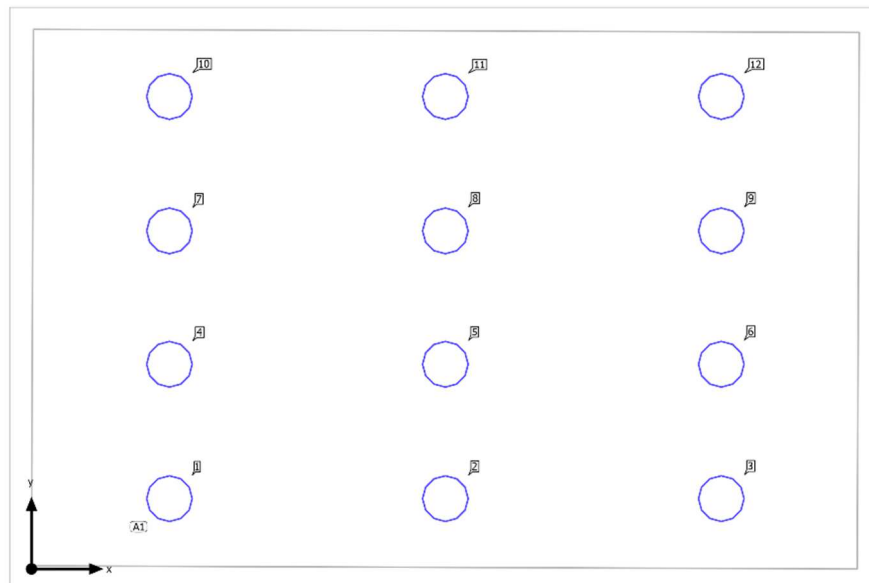
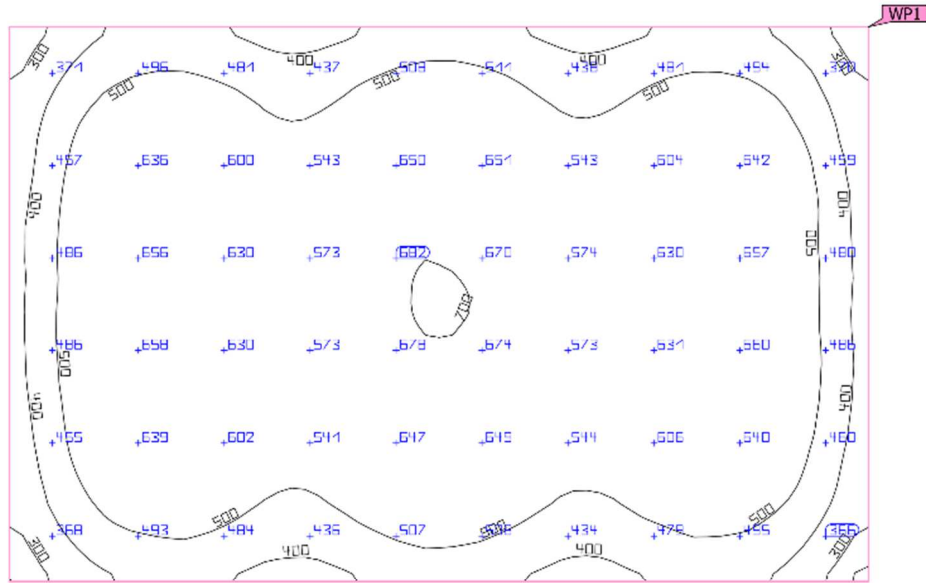


Figura 49: Disposición de luminarias del edificio K.

El resultado del estudio luminotécnico es:



Properties	E (Target)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Index
Working plane (Room 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	543 lx (≥ 500 lx) ✓	243 lx	711 lx	0.45	0.34	WP1

Figura 50: Plano de iluminancia perpendicular del edificio K.