



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Trabajo Final de Máster

Proyecto de Demolición de un Edificio

Máster en Ingeniería de Minas

Curso 16/17

Autor: Luis Arenas Nieto

Director: Eduard Cámara

Data: 13-01-2017

Localidad: Manresa

Agradecimientos.

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer a todas las personas que de una manera u otra me han ayudado y apoyado a lo largo de estos casi 6 años de dura andadura en la Escuela de Minas de Manresa.

En primer lugar a mi padre, por meterme en las venas ese gusanillo de la minería y la dinamita, que solo comprendemos quienes lo sentimos desde muy pequeños y a todos los compañeros de clase con los que he convivido a lo largo de tantas horas, que ya no solo son compañeros sino que forman parte de mis Amigos.

Por último agradecer a los profesores de esta Escuela por la formación técnica y humana que me han dado en estos años. Quiero mencionar al tutor de este proyecto Eduardo Cámara por su paciencia en las continuas correcciones y sugerencias, a Jordi Oliveras por sus aportaciones en materia de legislación y al Técnico de MAXAM Miquel Esteve por sus aportaciones de información y resolución de dudas

Por todo esto quiero daros las gracias.



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Trabajo Final de Máster

Proyecto de Demolición de un Edificio

Máster en Ingeniería de Minas

Curso 16/17

1. Memoria

Autor: Luis Arenas Nieto

Director: Eduard Cámara

Data: 13-01-2017

Localidad: Manresa

Resumen.

En el presente trabajo se describe los trabajos necesarios para la demolición con explosivos de un edificio de seis plantas situado en pleno centro urbano de Vallirana (Barcelona).

La demolición con uso de explosivos consiste en la detonación bajo control de cargas explosivas que son colocadas de manera estratégica en una construcción. Se trata de una acción para la que se debe preparar el edificio, proceso que puede tomar varias semanas, aunque el derrumbe se realiza en cuestión de segundos. Para realizarlo es muy importante asegurar que la estructura caiga dentro de su perímetro, para no dañar otras estructuras aledañas.

Otro objetivo ha sido el desarrollo de los permisos y trámites necesarios y las medidas de seguridad empleadas.

Scope.

The following document will describe the process to demolish a six-floor building with explosives, this building is located at the urban center of Vallirana (Barcelona).

Demolition with explosives consists of an under controlled ignition of charges that are in strategic positions inside the building. This process requires the building to be prepared for this action, the process can last several weeks, although the collapse itself takes only a few seconds. Protecting the area is fundamental to ensure that the structure will fall inside its perimeter, and will not be dangerous for enclosed buildings.

Another objective for this project has been the development of the regulation, the permissions, and the security required for demolition.

Índice

| | |
|--|------------------|
| 1. Antecedentes..... | Página 4 |
| 2. Objeto del proyecto..... | Página 5 |
| 3. Emplazamiento..... | Página 6 |
| 4. Método operativo..... | Página 8 |
| 5. Estudio previo de las estructuras..... | Página 9 |
| 6. Plan de derribo..... | Página 11 |
| 7. Demolición de los elementos portantes..... | Página 12 |
| 8. Perforación y carga de los barrenos..... | Página 13 |
| 8.1 Dimensiones de los pilares..... | Página 13 |
| 8.2 Determinación de los barrenos..... | Página 14 |
| 8.3 Cálculo de la perforación y carga de los barrenos..... | Página 15 |
| 9. Base para el cálculo de costes | Página 26 |
| 9.1 Rotura mecánica..... | Página 26 |
| 9.2 Perforación..... | Página 26 |
| 9.3 Explosivos..... | Página 27 |
| 9.4 Protecciones..... | Página 28 |
| 9.5 Preparación de cargas..... | Página 29 |
| 9.6 Carga de barrenos..... | Página 29 |
| 10. Iniciación del explosivo..... | Página 29 |
| 11. Consumo de explosivos y accesorios..... | Página 33 |
| 12. Estudio de vibraciones..... | Página 35 |
| 13. Protecciones..... | Página 37 |
| 14. Conclusiones..... | Página 39 |
| 15. Bibliografía..... | Página 40 |

1. Antecedentes.

La empresa Demoliciones España S.A. con CIF S-33.334.445 y domicilio en la Calle San Antonio nº 35 de Vallirana (Barcelona) ha sido contratada para los trabajos de demolición del Restaurant L'Escut situado en la calle Pau Casals número 6 en la localidad de Vallirana.

Las instalaciones objeto de demolición, se encuentran fuera de uso, y se pretende efectuar el desmantelamiento de las mismas, para recuperar los terrenos y construir un nuevo hotel.

Este edificio consta de una serie de apartamentos para su alquiler y de un restaurante en su planta baja. Fue inaugurado el 8 de febrero de 1969 y a día de hoy está en desuso. El edificio consta de 6 plantas, tiene unas medidas exteriores de 49,3 x 21,1 metros y 21 metros de altura.

Las obras comprenden entre otros trabajos, la demolición completa de todo el conjunto, el edificio anexo de 4 metros de altura será demolido por medios mecánicos, y el edificio principal, que es el objeto de nuestro proyecto, mediante explosivos.

2. Objeto del proyecto.

El objeto del siguiente proyecto es la demolición de un edificio de apartamentos llamado L'Escut en la localidad de Vallirana.

El edificio en cuestión está situado en la C/Pau Casals nº6, Vallirana (08759), Barcelona.

Esta operación es del tipo "voladura especial", entrando de lleno en el ámbito de la I.T.C 10.3.01. Es por tanto objeto del presente proyecto, definir el sistema de ejecución de las voladuras, para en base al mismo, conseguir las autorizaciones necesarias para el uso de explosivos en la demolición del edificio en Vallirana, Barcelona.

3. Emplazamiento.

El edificio a demoler objeto del presente proyecto, como hemos comentado anteriormente se encuentra en la Calle Pau Casals nº 6, en Vallirana (08759), Barcelona.

La parcela sobre la que se sitúa tanto el edificio como el anexo, parking y jardines, de uso urbanizable, ocupa una superficie total aproximada de 3.750 m². A continuación vemos unas imágenes de la situación del edificio a demoler (figuras 1, 2, 3 y 4).

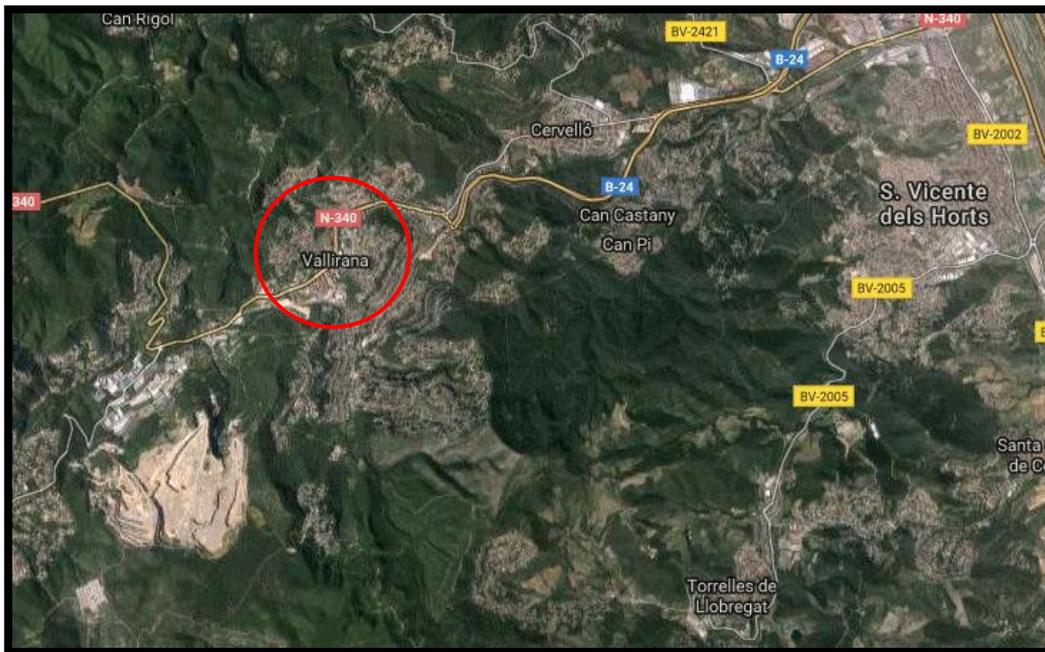


Figura 1. Imagen aérea del municipio de Vallirana.

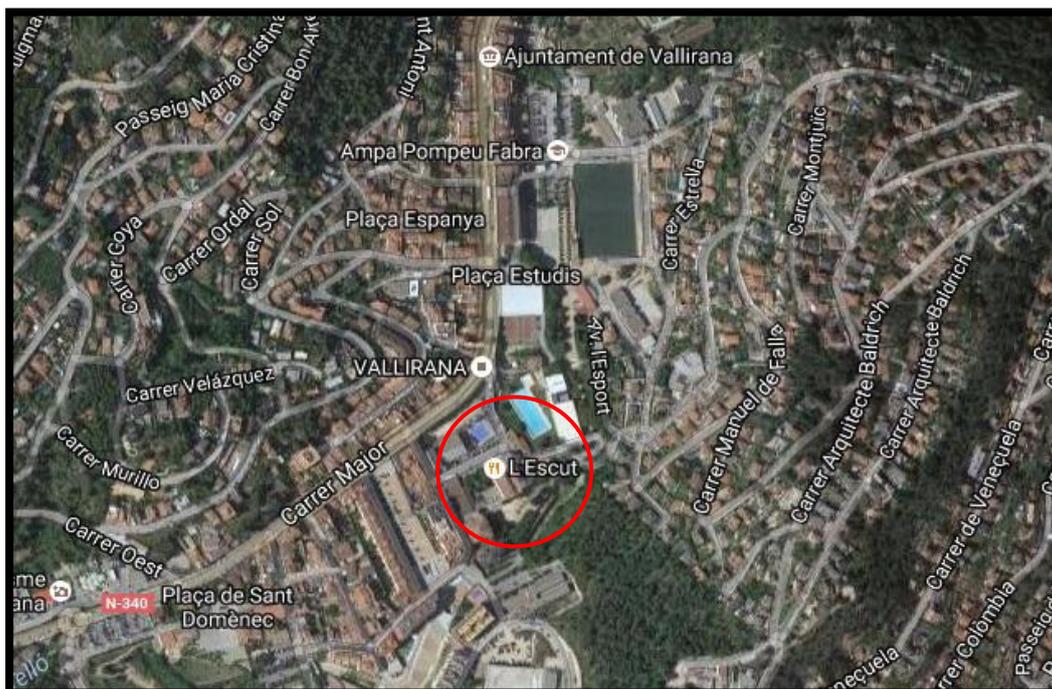


Figura 2. Imagen aérea de Vallirana resaltando la zona de L'Escut.



Figura 3. Fotografía del edificio a demoler vista desde el Norte.

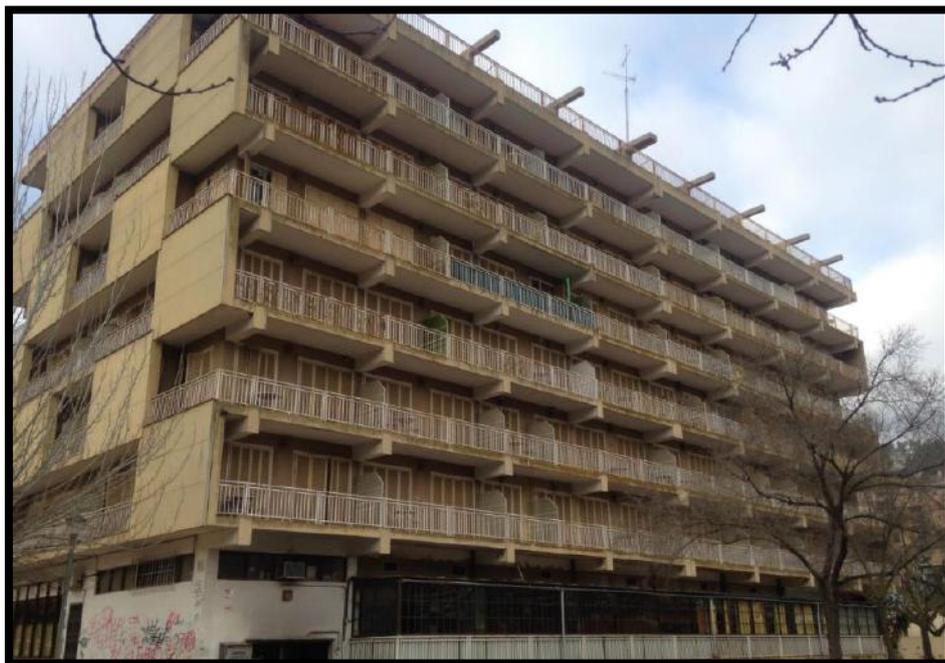


Figura 4. Fotografía del edificio a demoler vista desde el Este.

4. Método operativo.

Como se ha mencionado anteriormente, por tratarse de una estructura de cierta altura, se ha optado como método de demolición más conveniente el derribo mediante el empleo de explosivos, ya que por medios mecánicos entrañaría mayores riesgos para el personal operador de la maquinaria, el cual podría resultar afectado en el momento de la caída.

Asimismo su demolición manual representa un plazo de ejecución muy largo, así como un considerable riesgo para los operarios que deben trabajar a gran altura.

Seleccionado el método de demolición, con el empleo de explosivos, una vez abatidas las estructuras, se procederá a realizar su picado, troceo de redondos mediante soplete, troceo de estructuras y equipos, carga y transporte a vertedero, en el caso del hormigón y ladrillo, y mediante troceo por oxicorte y posterior envío a gestor autorizado en los elementos metálicos susceptibles de valoración.

Seguidamente pasaremos a describir la forma en que deben ser realizadas las labores de demolición con explosivos.

5. Estudio previo de las estructuras.

Hay dos edificios claramente diferenciados: el edificio propiamente dicho que será demolido mediante explosivos, y un anexo construido con posterioridad (año 2000) de una sola planta que será derribado mecánicamente en primer lugar, figura 5.



Figura 5. Situación de los edificios a demoler.

El edificio principal es de construcción muy sencilla, y está todo a la vista: plantas simétricas, en las que solamente pueden verse protecciones a los pilares y muebles propios de los apartamentos y restaurante en la planta baja, todos ellos sin relación con la construcción propiamente dicha. Los primeros, las protecciones, consisten en algunos casos al cierre de ladrillos, cuya única característica a los efectos de este proyecto es dificultar la exacta medición de los pilares: se está en proceso de retirarlas.

En cuanto a los muebles, son, en general, de angulares ligeros y chapa, fáciles de desmontar y se retirarán antes de la voladura para que no dificulten el movimiento del personal que se ocupe de la ejecución de las labores de demolición.

Una vez realizadas estas labores previas, quedará totalmente diáfana la estructura de todas las plantas, permitiendo, por una parte, un perfecto replanteo de la perforación y carga y demás trabajos necesarios en las plantas: baja, primera y cuarta que es donde irá el explosivo y por otra parte que no obstaculice las demás plantas en el colapso del edificio.

Tiene este primer edificio unas dimensiones de 49,3 x 21,1 m² en planta y una altura de 21 metros y cuenta con 6 plantas a las que es necesario añadir el bajo. El cierre es de ladrillo visto, forrado interiormente de poliespan, este será retirado por gestores de residuos especiales autorizados y llevados a vertederos apropiados.

El cierre de ladrillo cuelga literalmente de unos falsos zunchos perimetrales de los distintos pisos: unos redondos de acero están anclados en estos zunchos, por ejemplo

de la planta 6 atraviesan una columna de ladrillos colocados entre las plantas quinta y sexta hasta quedar anclado en el zuncho de la quinta planta. Al retirarse el poliespan se espera que el cierre permanezca, aun cuando puede ser posible que algún zuncho deje escapar la parte de cubierta correspondiente.

Esta circunstancia no tendrá trascendencia en cuanto a la demolición ya que las protecciones contra proyecciones se proyectan suponiendo que todo el cierre ha desaparecido. Esta precaución parece necesaria ya que, por una parte, el cierre tal como está concebido no parece tener una robustez enorme, y por otra existen zonas de este cierre en las que el estado de conservación es, a simple vista, precario.

Otros puntos delicados los marcan los que posibilitan la estanqueidad entre plantas: está conseguida por medio de láminas de poliespan en los límites de los solados de cada planta y se apoyan igualmente en los falsos zunchos que se citaron anteriormente, este material será retirado por gestores autorizados antes de iniciar los trabajos de preparación de la voladura, por lo que en ningún momento se tendrán presentes con relación en este proyecto.

Este edificio es mucho más complejo que el anexo ya que cuenta con escaleras, ascensores, distribución para oficina,... De esta manera tiene muros de carga que es necesario volar, y unas disposiciones interiores que complican el tratamiento; para simplificar la voladura, y de acuerdo con la I.T.C.10.3.01, se está acometiendo la tarea de tirar los tabiques manualmente, romper las escaleras, y aclarar de estructuras no portantes de todo el espacio de este edificio, para conseguir verlo tan nítidamente como sea posible.

De esta manera se llegará a poner en perfecta evidencia que el edificio está constituido de la manera representada en los planos 3.1, 3.2 y 3.3 en los que se representan el contorno del conjunto de edificios y, dentro de este los pilares a volar. Se aprecia la dificultad de llegar a un esquema tan simple, puesto que las escaleras a las que se hizo mención anteriormente están enmarcadas por muros de carga que será conveniente volar.

6. Plan de derribo.

Una vez llevada la estructura a la forma indicada en los citados planos 3.1, 3.2, 3.3 (más los muros de carga de las escaleras del edificio situados en la zona oeste en la posición marcada a puntos) se podrá proceder a acabar con la perforación y se llegará al replanteo final de los trabajos.

Todos los pilares y muros de carga, marcados en los planos 3.1, 3.2, 3.3 serán volados en la planta baja, primera y cuarta y de esta manera el edificio colapsará. En la planta baja se perforarán tres barrenos por pilar, y en las otras dos (primera y cuarta) se perforarán dos barrenos. La dimensión de los pilares varían según su situación dentro del edificio y no de unas plantas a otras y tanto la perforación como la carga de barrenos se ajustará a esta dimensión cambiante.

El retardo de tiempo de los detonadores se ha diseñado para que la caída de la estructura sea en dirección centro-este por ser la zona en la que no existen edificios próximos, y al mismo tiempo separar posibles cascotes del edificio del casino, aula de música y el Museo del Molino, que se encuentran a 20 y 25 metros respectivamente de la estructura en su fachadas norte y oeste.

Con ello se pretende el colapso total del edificio y que el conjunto de escombros quede en el solar del propio edificio, siendo por tanto minimizadas las molestias tanto a los usuarios de los edificios circundantes como a los que transiten por la calle Pau Casals una vez finalizada la voladura.

Ello no quiere decir que después de efectuada la voladura puede abrirse el paso a la circulación en la citada calle, después de comprobar que han detonado todas las cargas y que la estructura demolida no presenta ningún riesgo para las personas ni vehículos, antes de ello debe pasar una máquina (pala cargadora) para recoger salpicaduras, que consistirán, principalmente, en fragmentos de ladrillo de la fachada. Se habrá de vallar todo el contorno para evitar el paso de personas a la obra. Han de pasar además unas cubas que rieguen para arrastrar el polvo que ineludiblemente caerá en la calzada.

Por tanto el plan a seguir será la destrucción de todos los pilares y muros de carga de las tres plantas (baja, primera y cuarta) del edificio, con lo que falta de apoyo cada planta irá cayendo sobre las inferiores colapsando absolutamente las estructuras.

Ello no quiere decir que el conjunto del escombros vaya a quedar en disposición de carga, la construcción presenta cierta rigidez, por lo que puede darse la circunstancia que alguna zona de los pisos no quede totalmente destruida, uno apoyado en su inferior, en un paquete que será necesario atacar con palas provistas de martillos percutores y mordazas que deshagan el amasijo resultante.

7. Demolición de elementos portantes.

Los elementos portantes son los pilares, los muros de carga laterales y los muros de hormigón que forman la escalera y huecos del ascensor. Destruídos estos la estructura colapsará.

Los pilares son de hormigón armado y deben ser volados distintamente en las plantas. Para la correcta ejecución de esta operación se deben barrenar paralelamente al piso, por su cara más estrecha y en los puntos medios de estas, y paralelamente a las caras más largas. Teniendo en cuenta, como norma general, la resistencia del hormigón se ha adaptado una carga de explosivo del orden de 1 kg/m^3 para los pilares de la primera y cuarta planta y todos los muros de carga; y de $1,5 \text{ kg/m}^3$ para los pilares de la planta baja que posiblemente en algunos puntos puede provocar proyecciones, que habrá que controlar, pero asegura la rotura de los elementos así tratados.

Hay que mencionar que los pilares contiguos a los muros de carga se tendrán que perforar de forma distinta, ya que no hay acceso posible a ellos para tratarlos como el resto. Se perforarán tratándolos como si fueran un muro de carga. (Ver figuras del punto 8.3)

En páginas sucesivas se dan las pautas de perforación para las dimensiones de los pilares que forman el edificio, hay poca variedad en cuanto a dimensiones y la carga apropiada se consigue con una combinación de dinamita y cordón detonante de 6 gr/m que asegurará que inicia todas las cargas espaciadas o no espaciadas de los barrenos. También se empleará este cordón detonante de 6 g/m para iniciar conjuntamente cada pilar, y cada 2 filas de barrenos en los muros de carga de las escaleras y cada 3 filas en los muros de carga exteriores.

El cordón detonante, por otra parte, es necesario para asegurar la transmisión de la voladura a toda la carga del barreno: dado lo reducido de esta carga (para mantener su densidad en valores adecuados) en ocasiones no llega a volúmenes de explosivo que permitan el llenado del barreno, por lo que es necesario distribuirla. Además, la carga en un barreno, a veces, no puede concretarse si se quiere asegurar el romperlo en toda la sección; al tener que distribuir, espaciar la carga, es necesario transmitir la capacidad de explosión a lo largo de todo el barreno, misión de la que se encarga el cordón detonante.

Por tanto, el cordón detonante de 6 g/m transmite la explosión a lo largo de todo el barreno y colabora con su aporte de materia explosiva; para estos efectos se considera equivalente su efecto al de la dinamita, a igualdad de peso. Se considera así aun cuando tiene más potencia relativa el cordón, e inicia la dinamita a velocidad superior a la de esta, por lo que aumenta, de manera artificial, la potencia de la dinamita.

8. Perforación y carga de los barrenos.

En este apartado vamos a estudiar la perforación y carga a realizar en los diferentes tipos de pilares y muros de carga. Todos los pilares y muros de carga son de hormigón armado con una densidad de 2.500 kg/m^3 .

8.1 Dimensiones de los pilares.

- Básico 1: Corresponden a los pilares de $0,60 \times 0,30 \times 2,70$ metros de la primera y cuarta planta. En cada planta hay 24 pilares de este tipo y se volarán un total de 48, figura 7.
- Básico 2: Tienen la misma dimensión que los pilares Básico 1 pero estos tendrán otro tipo de tratamiento debido a que pertenecen a la planta baja (lo comentaremos en el apartado 8.3) y corresponden a los de la planta baja, con un total de 24 pilares, figura 8.
- Refuerzo 1: Éstos tienen unas dimensiones de $0,25 \times 1,10 \times 2,70$ metros y corresponden a los pilares situados como refuerzos para las escaleras y ascensores de la primera y cuarta planta. En cada planta hay 4 pilares, figura 9.
- Refuerzo 2: Tienen las mismas dimensiones que los pilares Refuerzo 1 pero están situados en la planta baja y debido a esto, tendrán un tratamiento diferente. En esta planta hay 4 pilares de este tipo, figura 10.
- Pilares hueco del ascensor: Son los utilizados para reforzar los huecos provocados por los dos ascensores. Estos tienen forma de "L" como podemos ver en las figuras 11 y 12 y se los tratará como dos pilares diferentes:
 - Hueco ascensor Largo 1: Tiene unas dimensiones de $0,25 \times 1,65 \times 2,70$ metros y corresponden a los pilares de la primera y cuarta planta con un total entre las dos a volar de 8 pilares.
 - Hueco ascensor Largo 2: Tienen las mismas dimensiones que el anterior pero son los que se encuentran en la planta baja y debido a esto tendrán un tratamiento diferente. Hay un total de 4 pilares.
 - Hueco ascensor Corto 1: Tienen las siguientes medidas, $0,25 \times 0,36 \times 2,70$ y corresponden a los pilares de la primera y cuarta planta con un total entre las 2 a volar de 8 pilares.
 - Hueco ascensor Corto 2: Tienen las mismas dimensiones que el anterior pero son los que se encuentran en la planta baja y debido a esto tendrán un tratamiento diferente. Hay un total de 4 pilares.
- Muro carga Escaleras: Son muros de carga que ayudan a la estructura a aguantar el hueco creado por las escaleras. Tiene unas dimensiones de $3,60 \times 0,25 \times 2,70$ y corresponden a los situados en planta baja, la primera y cuarta y hay 2 muros por planta, figura 13.
- Muro carga Exterior: Son los muros de carga situados en las paredes exteriores de las caras que dan al Noroeste y su opuesta. Así mismo hemos decidido darle el mismo tratamiento a los dos pilares contiguos a cada muro, ya que por facilidad a la hora de perforar hemos considerado como mejor opción la de tratarlos como iguales, por tanto todo el conjunto tiene unas dimensiones de $7,5 \times 0,30 \times 2,70$. Éstos corresponden a todas las plantas a volar con un total de 12 muros, figura 14.

8.2 Determinación de los barrenos.

Para la determinación del número de barrenos nos hemos basado en que utilizaremos un Consumo Específico de explosivo para los pilares de 1 Kg/m^3 para la primera y cuarta planta y de $1,5 \text{ Kg/m}^3$ para la planta baja y de 1 Kg/m^3 para los muros de carga en las tres plantas. La razón por la cual se tendrá un consumo específico tan elevado es para asegurar que los pilares y muros romperán por completo y que no queden restos para que los pisos superiores puedan colapsar de forma correcta. En función de este consumo específico se ha decidido utilizar un diámetro de perforación de 40 mm para todos los pilares y de 32 mm para los muros de carga. En los pilares de la primera y cuarta planta se utilizarán 2 barrenos por pilar, mientras que en la planta baja para ganar ese 50% de consumo específico se añadirá un tercer barreno.

La nomenclatura que utilizaremos a continuación, en el apartado 8.3, con respecto a las dimensiones de la perforación y carga de los pilares es la siguiente (figura 6):

- a: Ancho del pilar.
- b: Longitud del pilar.
- L_b : Longitud del barreno perforado.
- L_c : Longitud de carga del barreno.
- h_0 : Longitud del retacado del barreno.

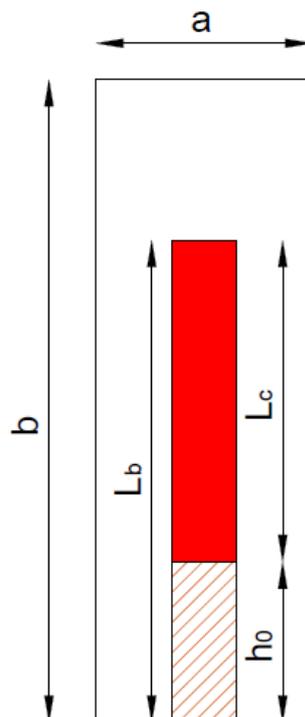


Figura 6. Esquema de la perforación y carga de los barrenos.

8.3 Cálculo de la perforación y carga de los barrenos.

En este punto explicaremos pilar por pilar y muro por muro los cálculos que hemos realizado para determinar la longitud de los barrenos y la carga de explosivo de cada uno de ellos. Todas las acotaciones que veremos a continuación en los diferentes esquemas de perforación y carga están en metros.

- Básico 1: Este tiene una longitud de 0,60 metros (b) y 0,30 de ancho (a). Utilizaremos las siguientes fórmulas para calcular los barrenos:

$$L_B = \text{Longitud del barreno} = b - \frac{a}{2} = 0,60 - 0,15 = 0,45 \text{ metros}$$

$$L_C = \text{Longitud de carga} = b - a = 0,60 - 0,30 = 0,30 \text{ metros}$$

$$h_0 = \text{Retacado} = \frac{a}{2} = 0,15 \text{ metros}$$

Con estas fórmulas hemos de conseguir que la L_B sea entre un 65-75% de la longitud del pilar.

Una vez tenemos las distancias que hemos de perforar, procedemos a calcular la carga que colocaremos en cada barreno, para ello primero calculamos el volumen de pilar y a continuación con el Consumo específico (C_e) que hemos estimado para estos pilares ($C_e = 1 \text{ kg/m}^3$), calculamos la carga teórica que deberá de haber en el pilar y por barreno.

$$\text{Volumen} = 0,60 \cdot 0,30 \cdot 2,7 = 0,486 \text{ m}^3$$

$$Q_p = \text{Carga por pilar} = C_e \cdot V = 1 \cdot 0,486 = 0,486 \text{ kg}$$

$$Q_C = \text{Carga por barreno} = \frac{0,486}{2} = 0,243 \text{ kg de explosivo}$$

Por tanto tenemos que colocar aproximadamente 243 gramos de explosivo en cada barreno de este tipo de pilar. Como estos barrenos están perforados con $\varnothing=40 \text{ mm}$ utilizaremos Riodin de $\varnothing=32 \text{ mm}$. Un cartucho de Riodin de 32x200 mm pesa 238 gramos. Por tanto colocaremos 1 cartucho de Riodin de estas dimensiones por barreno y 2 por pilar obteniendo una $Q_p = 476 \text{ gramos}$. El problema que tenemos es que el cartucho mide 200 milímetros y nuestra zona de carga 300 milímetros. Por tanto lo que haremos será espaciar cargas, cortaremos el cartucho por la mitad y dejaremos un espacio de 100 mm entre mitades de cartuchos como podemos ver en la siguiente figura. Para asegurar la iniciación colocaremos cordón detonante de 6 gr/m por todo el barreno.

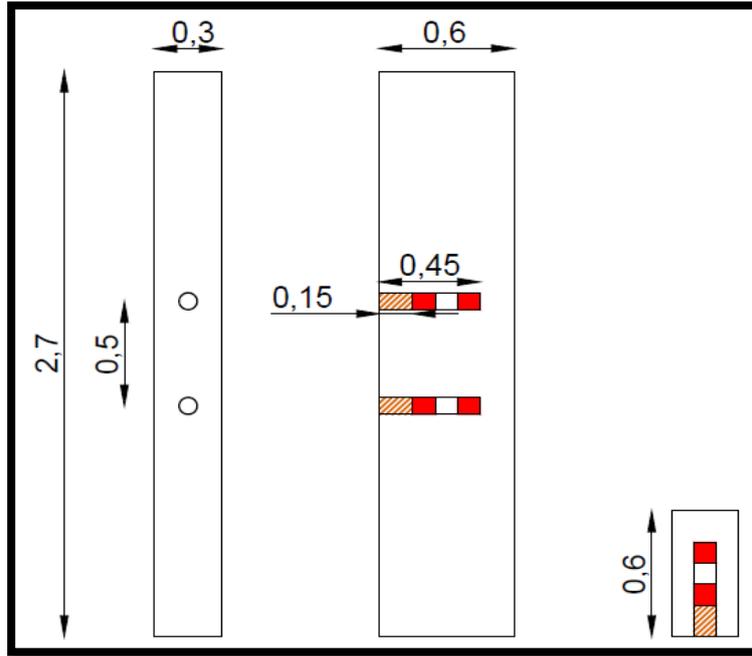


Figura 7. Alzado, perfil y planta del pilar "Básico 1".

- Básico 2:** Estos pilares son de iguales dimensiones a los anteriores pero con la diferencia que al situarse en la planta baja utilizaremos un consumo específico de $1,5 \text{ kg/m}^3$ para asegurarnos su completa demolición. Los cálculos y resultados para la determinación de las longitudes de los barrenos son exactamente los mismos. Para el cálculo de las cargas por barreno al aumentar el C_e un 50%, aumentamos el número de barrenos un 50% también y pasamos a tener 3 en vez de 2 como en los pilares anteriores con lo que nos queda una $Q_c=238$ gramos y una $Q_p=714$ gramos. Igual que en el anterior se deberán cortar los cartuchos por la mitad y dejar 100 mm de espaciado entre mitades de carga como podemos ver en el siguiente croquis (figura 8):

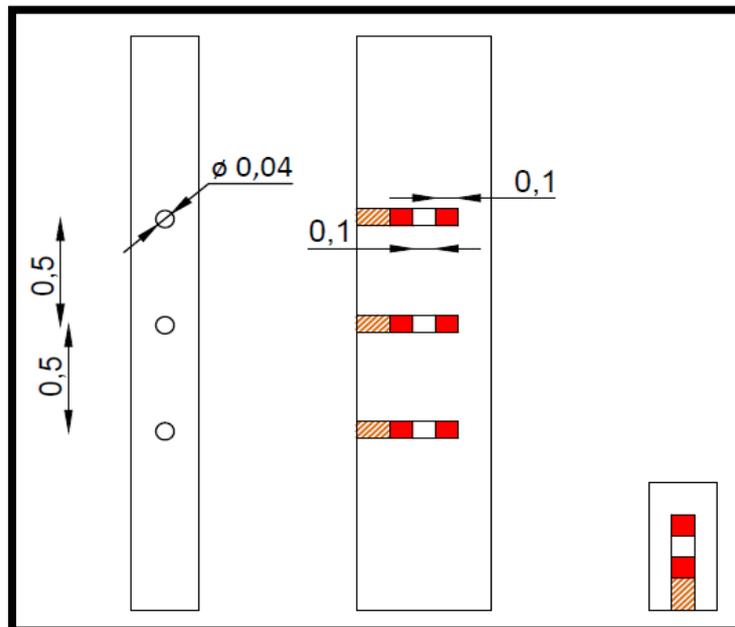


Figura 8. Alzado, perfil y planta del pilar "Básico 2".

- Refuerzo 1: Este tiene una longitud de 1,1 metros y un ancho de 0,25 metros. Al igual que en los otros pilares hemos de perforar entre un 65-75% de la longitud del pilar. Para estos a causa de sus dimensiones no podemos aplicar las fórmulas anteriores y por tanto tenemos que:

$$L_B = 0,75 \text{ metros}$$

$$L_C = 0,50 \text{ metros}$$

$$h_0 = 0,25 \text{ metros.}$$

Una vez tenemos las distancias que hemos de perforar, procedemos a calcular la carga que colocaremos en cada barreno, para ello primero calculamos el volumen de pilar y a continuación con el Consumo específico (C_e) que hemos estimado para estos pilares ($C_e = 1 \text{ kg/m}^3$), calculamos la carga teórica que deberá de haber en el pilar y por barreno, como hicimos anteriormente con los pilares “Básicos”:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= 1,10 \cdot 0,25 \cdot 2,7 = 0,740 \text{ m}^3 \\ Q_p &= \text{Carga por pilar} = C_e \cdot V = 1 \cdot 0,740 = 0,740 \text{ kg} \\ Q_C &= \text{Carga por barreno} = \frac{0,740}{2} = 0,370 \text{ kg de explosivo} \end{aligned}$$

Por tanto tenemos que colocar aproximadamente 370 gramos de explosivo en cada barreno de este tipo de pilar. Como estos barrenos están perforados con $\varnothing=40 \text{ mm}$ utilizaremos Riodin de $\varnothing=32 \text{ mm}$. Un cartucho de Riodin de 32x200 mm pesa 238 gramos. Por tanto colocaremos 1,5 cartucho de Riodin de estas dimensiones por barreno y 3 por pilar obteniendo una $Q_p = 714 \text{ gramos}$. Al igual que en los pilares “Básicos” la distancia de los cartuchos es inferior a la del barreno, por lo tanto hemos de cortar cartuchos. Se corta el cartucho entero por la mitad y colocamos las tres mitades con un espaciado de 100 milímetros entre mitades de cartuchos como podemos ver en el siguiente croquis (figura 9):

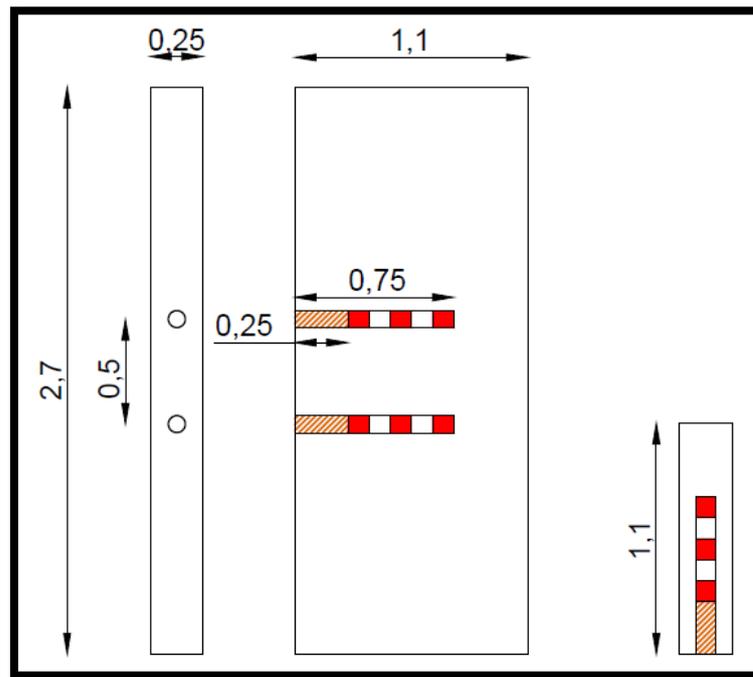


Figura 9. Alzado, perfil y planta del pilar "Refuerzo 1".

- Refuerzo 2:** Estos pilares son de iguales dimensiones a los anteriores pero con la diferencia que al situarse en la planta baja utilizaremos un consumo específico de $1,5 \text{ kg/m}^3$ para asegurarnos su completa demolición. Los cálculos y resultados para la determinación de las longitudes de los barrenos son exactamente los mismos. Para el cálculo de las cargas por barreno al aumentar el C_e un 50%, aumentamos el número de barrenos un 50% también y pasamos a tener 3 en vez de 2 como en los pilares anteriores con lo que nos queda una $Q_c=357$ gramos y una $Q_p=1.071$ gramos. Igual que en el anterior se deberán cortar los cartuchos por la mitad y dejar 100 mm de espaciamiento entre mitades de carga como podemos ver en el siguiente croquis (figura 10):

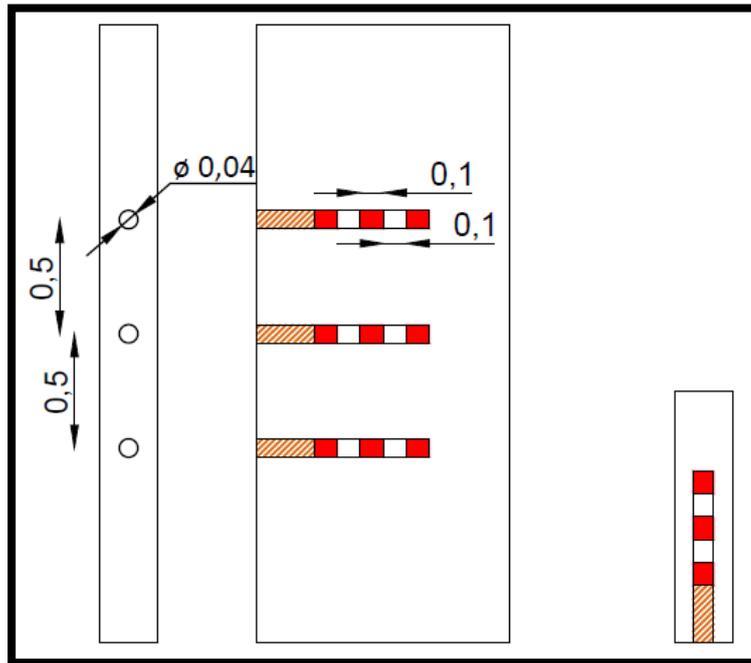


Figura 10. Alzado, perfil y planta del pilar "Refuerzo 2".

- Hueco ascensor Largo 1: Este pilar es la parte larga del pilar del hueco del ascensor con forma de "L". Tiene una longitud de 1,65 metros y un ancho de 0,25 metros. Al igual que en el anterior son mucho más largos que anchos pero en este caso no utilizaremos la regla de perforar entre un 65-75% de la longitud del barreno, sino que mucho más, ya que consideramos estos pilares como los que más problemas nos pueden dar a la hora de que el edificio colapse, por tanto se han tomado estas longitudes de perforación:

$$L_B = 1,53 \text{ metros}$$

$$L_C = 1,40 \text{ metros}$$

$$h_0 = 0,13 \text{ metros}$$

Una vez tenemos las distancias que hemos de perforar, procedemos a calcular la carga que colocaremos en cada barreno, para ello primero calculamos el volumen de pilar y a continuación con el Consumo específico (C_e) que hemos estimado para estos pilares ($C_e = 1 \text{ kg/m}^3$), calculamos la carga teórica que deberá de haber en el pilar y por barreno, como hicimos anteriormente:

$$\text{Volumen} = 1,65 \cdot 0,25 \cdot 2,7 = 1,120 \text{ m}^3$$

$$Q_p = \text{Carga por pilar} = C_e \cdot V = 1 \cdot 1,120 = 1,120 \text{ kg}$$

$$Q_c = \text{Carga por barreno} = \frac{1,120}{2} = 0,560 \text{ kg de explosivo}$$

Por tanto tenemos que colocar aproximadamente 560 gramos de explosivo en cada barreno de este tipo de pilar. Como estos barrenos están perforados con $\varnothing=40 \text{ mm}$ utilizaremos Riodin de $\varnothing=32 \text{ mm}$. Un cartucho de Riodin de 32x200 mm pesa 238 gramos. Por tanto colocaremos 2,5 cartucho de Riodin de estas dimensiones por barreno y 5 por pilar obteniendo una $Q_p = 1190 \text{ gramos}$. Para

poder ocupar toda la longitud de carga será necesario partir por la mitad los cartuchos y dejar una distancia entre mitades de 220 milímetros, como podemos ver en la figura (11): Es la que encontramos en Hueco ascensor Corto 1.

- **Hueco ascensor Corto 1:** Estos son la parte “corta” de la “L” de los pilares del hueco del ascensor, con unas dimensiones de 0,36 metros de longitud y 0,25 de largo. Utilizando la regla de perforar entre el 65-75% de la longitud del pilar, obtenemos unas longitudes de perforación de:

$$L_B = 0,24 \text{ metros}$$

$$L_C = 0,10 \text{ metros}$$

$$h_0 = 0,13 \text{ metros}$$

Una vez tenemos las distancias que hemos de perforar, procedemos a calcular la carga que colocaremos en cada barreno, para ello primero calculamos el volumen de pilar y a continuación con el Consumo específico (Ce) que hemos estimado para estos pilares ($Ce = 1 \text{ kg/m}^3$), calculamos la carga teórica que deberá de haber en el pilar y por barreno, como hicimos anteriormente:

$$\text{Volumen} = 0,36 \cdot 0,25 \cdot 2,7 = 0,243 \text{ m}^3$$

$$Q_p = \text{Carga por pilar} = Ce \cdot V = 1 \cdot 0,243 = 0,243 \text{ kg}$$

$$Q_c = \text{Carga por barreno} = \frac{0,243}{2} = 0,121 \text{ kg de explosivo}$$

Por tanto tenemos que colocar aproximadamente 121,5 gramos de explosivo en cada barreno de este tipo de pilar. Como estos barrenos están perforados con $\varnothing=40 \text{ mm}$ utilizaremos Riodin de $\varnothing=32 \text{ mm}$. Un cartucho de Riodin de 32x200 mm pesa 238 gramos. Por tanto colocaremos 1/2 cartucho de Riodin de estas dimensiones por barreno y 1 por pilar obteniendo una $Q_p = 238$ gramos. Como podemos ver la mitad de 1 cartucho de Riodin son 100 milímetros con lo que es justamente nuestra L_c , así que no hará falta realizar espaciamientos como anteriormente.

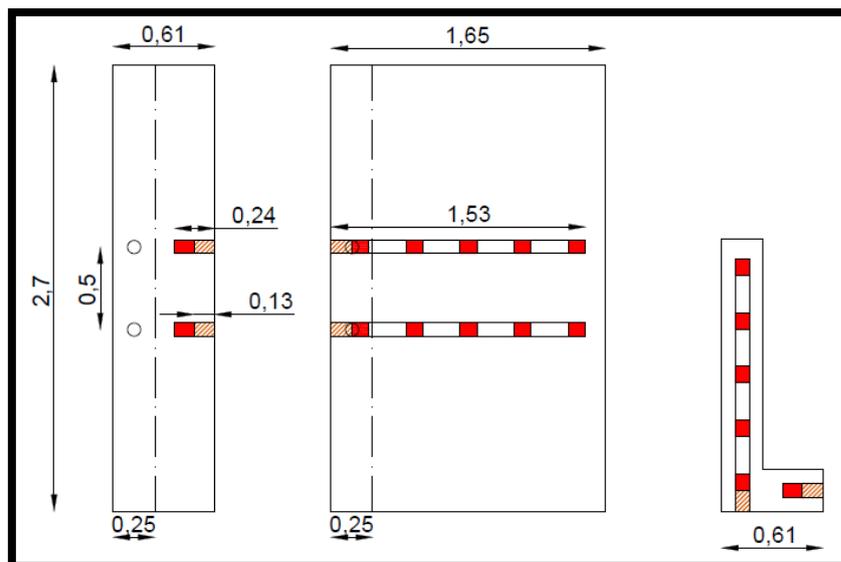


Figura 11. Alzado, perfil y planta del pilar “Hueco del Ascensor” de la primera y cuarta Planta.

- **Hueco ascensor Largo 2:** Estos pilares son de iguales dimensiones a los pilares llamados “Hueco ascensor Largo 1” pero con la diferencia que al situarse en la planta baja utilizaremos un consumo específico de $1,5 \text{ kg/m}^3$ para asegurarnos que “los hacemos harina”. Los cálculos y resultados para la determinación de las longitudes de los barrenos son exactamente los mismos. Para el cálculo de las cargas por barreno al aumentar el C_e un 50%, aumentamos el número de barrenos un 50% también y pasamos a tener 3 en vez de 2 como en los pilares anteriores con lo que nos queda una $Q_c=595$ gramos y una $Q_p=1.785$ gramos. Igual que en los llamados “Hueco ascensor Largo 1” se deberán cortar los cartuchos por la mitad y dejar 100 mm de espaciado entre mitades de carga.
- **Hueco ascensor Corto 2:** Estos pilares son de iguales dimensiones a los pilares llamados “Hueco ascensor Corto 1” pero con la diferencia que al situarse en la planta baja utilizaremos un consumo específico de $1,5 \text{ kg/m}^3$ para asegurarnos que “los hacemos harina”. Los cálculos y resultados para la determinación de las longitudes de los barrenos son exactamente los mismos. Para el cálculo de las cargas por barreno al aumentar el C_e un 50%, aumentamos el número de barrenos un 50% también y pasamos a tener 3 en vez de 2 como en los pilares anteriores con lo que nos queda una $Q_c=119$ gramos y una $Q_p=357$ gramos. Igual que en los llamados “Hueco ascensor Corto 1” la distancia de medio cartucho es la misma que la distancia de carga L_c .

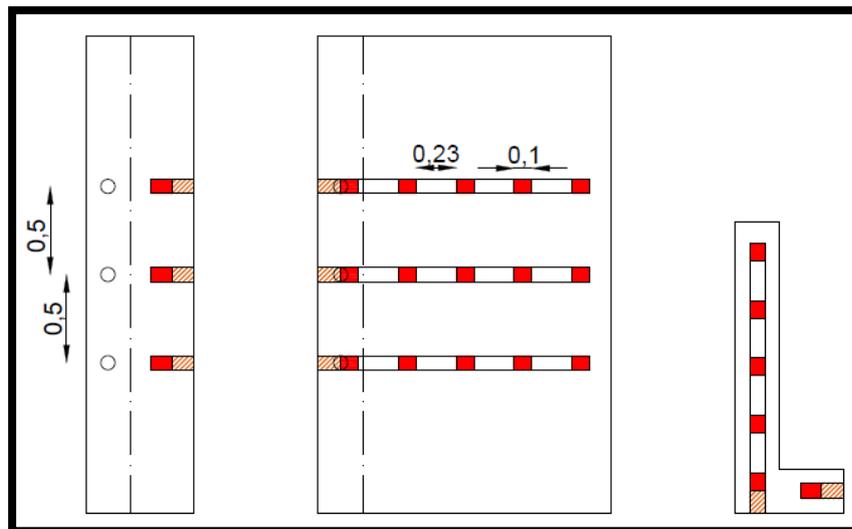


Figura 12. Alzado, perfil y planta del pilar “Hueco del Ascensor” de la Planta baja.

- **Muro carga Escaleras:** Estos muros tienen unas dimensiones de 3,6 metros de longitud, 0,25 metros de ancho y un $\varnothing=26$ mm. Para mejorar la eficacia del explosivo hemos decidido hacer los barrenos por la parte ancha al contrario que en los pilares, ya que de esta manera nos salen muchos más barrenos pero de menos distancia y se reparte más homogéneamente el explosivo. Por tanto las distancias de perforación son las siguientes:

$$L_B = 0,15 \text{ metros}$$

$$L_C = 0,10 \text{ metros}$$

$$h_0 = 0,05 \text{ metros}$$

En este caso dejamos un retacado tan pequeño porque estos muros están dentro del edificio como podemos ver en el plano número 3.1 y no hay riesgo de proyección. Una vez tenemos las distancias que hemos de perforar, procedemos a calcular la carga que colocaremos en cada barreno, para ello primero calculamos el volumen de pilar y a continuación con el Consumo específico (C_e) que hemos estimado para estos pilares ($C_e = 1 \text{ kg/m}^3$), calculamos la carga teórica que deberá de haber en el pilar y por barreno, como hicimos anteriormente:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= 3,60 \cdot 0,25 \cdot 2,7 = 2,430 \text{ m}^3 \\ Q_p = \text{Carga por muro} &= C_e \cdot V = 1 \cdot 2,430 = 2,430 \text{ kg} \end{aligned}$$

Por tanto con la cantidad de explosivo en cada muro y que al tener una L_c de 100 milímetros, colocaremos $\frac{1}{2}$ cartucho de Riodin de 26x200 con un peso de 78 gramos. Por tanto para encontrar el número de barrenos que nos harán falta dividimos la Q_p entre la Q_c :

$$\text{Número de barrenos} = \frac{Q_p}{Q_c} = \frac{2430}{78} = 32 \text{ barrenos}$$

Una vez tenemos el número de barrenos que irán por muro decidimos distribuirlos en 8 barrenos por fila con un total de 4 filas. Por tanto tendremos una $Q_p=2,496 \text{ kg}$ de explosivo. Las distancias entre barrenos de la misma fila serán de 0,40 metros, mientras que la distancia entre filas de 0,20 metros como podemos ver en la figura 13.

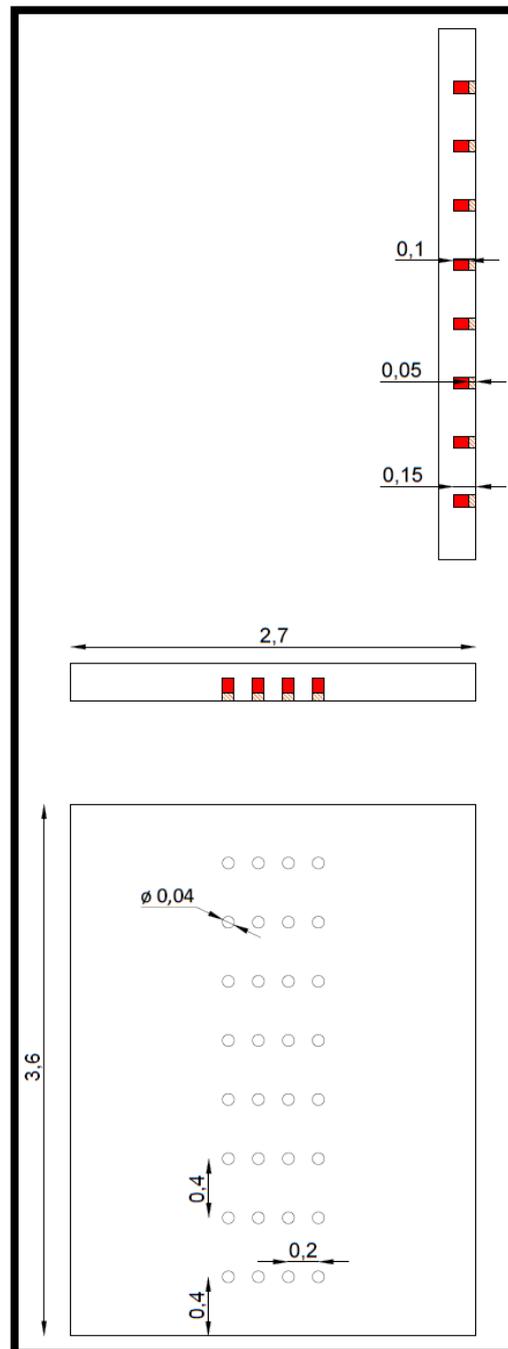


Figura 13. Alzado, perfil y planta del “Muro de carga de las Escaleras”.

- Muro de carga Exterior:** Estos muros tienen unas dimensiones de 7,5 metros de longitud, 0,25 metros de ancho y un $\varnothing=26$ mm. Para mejorar la eficacia del explosivo hemos decidido hacer los barrenos por la parte ancha al contrario que en los pilares, ya que de esta manera nos salen muchos más barrenos pero de menos distancia y se reparte más homogéneamente el explosivo. En este caso dejamos un retacado más grande que en los muros de carga de las escaleras para asegurarnos que no se producen proyecciones hacia la calle. Por tanto las distancias de perforación son las siguientes:

$$L_B = 0,15 \text{ metros}$$

$$L_C = 0,05 \text{ metros}$$

$$h_0 = 0,10 \text{ metros}$$

Una vez tenemos las distancias que hemos de perforar, procedemos a calcular la carga que colocaremos en cada barreno, para ello primero calculamos el volumen de pilar y a continuación con el Consumo específico (Ce) que hemos estimado para estos pilares ($Ce = 1 \text{ kg/m}^3$), calculamos la carga teórica que deberá de haber en el pilar y por barreno, como hicimos anteriormente:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= 7,50 \cdot 0,30 \cdot 2,7 = 6,075 \text{ m}^3 \\ Q_p = \text{Carga por muro} &= Ce \cdot V = 1 \cdot 6,075 = 6,075 \text{ kg} \end{aligned}$$

Por tanto con la cantidad de explosivo en cada muro y que al tener una L_c de 50 milímetros, colocaremos 1/4 cartucho de Riodin de 26x200 con un peso de 39 gramos. Por tanto para encontrar el número de barrenos que nos harán falta dividimos la Q_p entre la Q_c :

$$\text{Número de barrenos} = \frac{Q_p}{Q_c} = \frac{6,075}{39} = 156 \text{ barrenos}$$

Una vez tenemos el número de barrenos que irán por muro decidimos distribuirlos en 18 barrenos por fila con un total de 9 filas, lo que nos supone realizar 6 barrenos más con un total de 162 barrenos por muro. Por tanto tendremos una $Q_p=6,318 \text{ kg}$ de explosivo. Las distancias entre barrenos de la misma fila serán de 0,40 metros, mientras que la distancia entre filas de 0,20 metros como podemos ver en la figura 14.

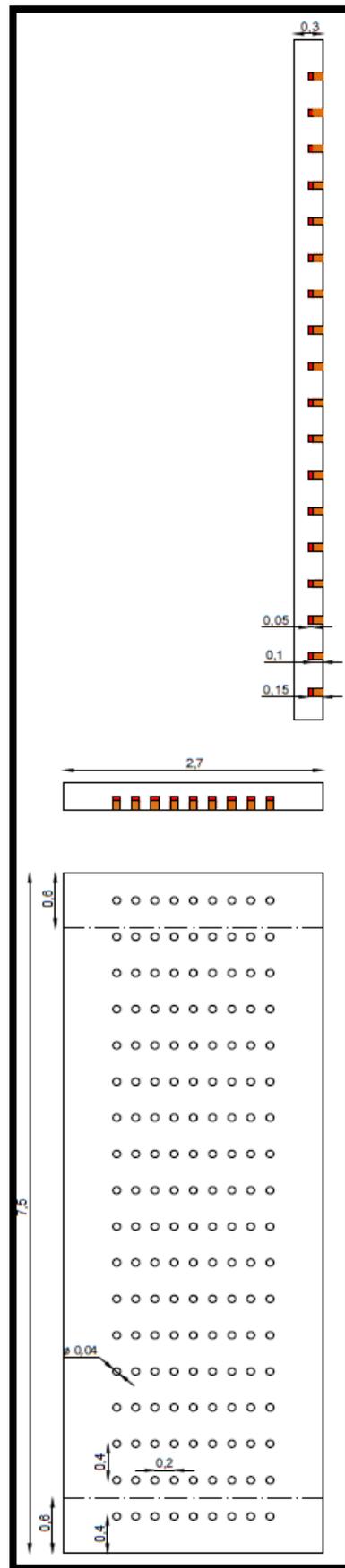


Figura 14. Alzado, perfil y planta del “Muro de carga Exterior”.

9. Bases para el cálculo de costes.

Las operaciones a efectuar para la voladura, son las siguientes:

9.1 Rotura Mecánica: Para la adecuada caída del conjunto conviene romper las escaleras, esto es, quitar el hormigón unos decímetros para que se pueda doblar sobre las armaduras y no opongan resistencia al colapso del edificio. Esta labor se realizará con martillos rompe pavimentos y el rendimiento será de 2 hombres por planta y durante un turno de 8 horas y 3 días. En cada planta habrá un compresor para el adecuado rendimiento de esta labor.

Por otra parte debemos de eliminar los tabiques que rodean los pilares y muros de carga para que la perforación y carga de los barrenos se efectúe en óptimas condiciones. Hemos considerado 2 operarios por planta y durante un turno de 8 horas tardarán 2 días por planta.

| Tipo | Uso | Unidad |
|------------------------------|-----|--------|
| Martillo | 300 | Hora |
| Compresor | 150 | Hora |
| Mano de obra | 300 | Hora |
| Recogida de escombros | 150 | Hora |

Tabla 1. Base para el cálculo de costes de las roturas mecánicas.

9.2 Perforación: En los pilares, los barrenos son de longitudes comprendidas entre 0,15 metros referente a los muros de carga y de 1,53 metros a los pilares del hueco del ascensor. En los barrenos de los pilares se perforará con diámetro 40 mm, mientras que en los muros de carga se perforará con diámetro 32 mm. Fundamentalmente la dificultad estriba en el emboquillado de los barrenos, por lo que de alguna manera puede suponerse que en todos ellos se tarda lo mismo; parece adecuado realizar el emboquillado con un pequeño martillo eléctrico manejado por una solo perforista. Se contratará una empresa cualificada para estos trabajos y se ofertará por metro lineal perforado.

Será necesario realizar un total de 2.388 barrenos entre pilares y muros de carga, con una longitud total a perforar de 466,56 metros. A continuación vemos la tabla 2 que se utilizará para el cálculo de los costes:

| Pilar | ∅ de Perforación (m) | Longitud del Barreno (m) | Número Barrenos por Pilar | Número de Pilares | Número Barrenos | Longitud Total (m) |
|------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Básico 1 | 40 | 0,45 | 2 | 48 | 96 | 43,2 |
| Básico 2 | 40 | 0,45 | 3 | 24 | 72 | 32,4 |
| Refuerzo 1 | 40 | 0,75 | 2 | 8 | 16 | 12 |
| Refuerzo 2 | 40 | 0,75 | 3 | 4 | 12 | 9 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | 40 | 1,53 | 2 | 8 | 16 | 24,48 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | 40 | 0,24 | 2 | 8 | 16 | 3,84 |
| Hueco Ascensor Largo 2 | 40 | 1,53 | 3 | 4 | 12 | 18,36 |
| Hueco Ascensor Corto 2 | 40 | 0,24 | 3 | 4 | 12 | 2,88 |
| Muro Escaleras | 32 | 0,15 | 32 | 6 | 192 | 28,8 |
| Muro Exterior | 32 | 0,15 | 162 | 12 | 1944 | 291,6 |
| Total | - | - | - | 126 | 2388 | 466,56 |

Tabla 2. Base para el cálculo de costes de la perforación.

En los planos 3.1, 3.2 y 3.3 podemos identificar claramente la ubicación de los diferentes tipos de pilares y muros que aparecen en el cuadro anterior.

9.3 Explosivos. Se ha indicado en los croquis de carga la cantidad de explosivos que cada tipo de barreno exige para su rotura. A los costes de los explosivos hay que agregar el transporte de estos explosivos y la vigilancia de los mismos durante los días de carga. Se ha estimado que se necesitarán 2 vigilantes durante 3 días durante 12 horas, que será el tiempo empleado en la carga de los barrenos y otros 2 vigilantes durante las 2 noches para custodiar el explosivo. En las siguientes tablas vemos las bases para el cálculo de los costes del uso de explosivos y accesorios.

| Tipo | Uso | Unidades |
|--------------------------|---------|----------|
| Riodin <45mm | 160,76 | Kg |
| Cordón Detonante 6 g/m | 1478,16 | m |
| Detonadores Electrónicos | 156 | Ud |
| Transporte | 1 | Ud |
| Vigilancia | 96 | Hora |
| Guías | 1 | Ud |
| Total | - | - |

Tabla 3. Base para el cálculo de costes del explosivo.

| Tipo | Uso | Unidad |
|----------------------------|------|--------|
| Hilo conexión | 300 | m |
| Twin connectors | 50 | Ud |
| Tacos de Arcilla, 32 mm | 252 | Ud |
| Tacos de Arcilla, 26 mm | 2136 | Ud |
| Alquiler equipos | 1 | Ud |
| Asistencia Técnica | 3 | Día |
| Total | - | - |

Tabla 4. Base para el cálculo de costes de los accesorios para la carga.

Haciendo referencia al alquiler de los equipos, éste incluye el explosor y el Logger, que es el aparato que se necesita para programar los detonadores.

9.4 Protecciones. Hay que contar los costes de la tela metálica, el geotextil y la mano de obra. Para el cálculo de esta conviene hacerse a la idea de que el equipo formado por 4 personas y que acaben 3 pilares por hora. A continuación vemos una tabla con las bases para el cálculo de los costes de protecciones:

| Pilar | Dimensiones | Altura proteger (m) | Área (m2) | Número de Pilares | Total (m2) |
|---------------------------|----------------|---------------------|--------------|-------------------|-----------------|
| Básico 1 | 0,30x0,60x2,70 | 1,50 | 2,70 | 48 | 129,60 |
| Básico 2 | 0,30x0,60x2,70 | 2,00 | 3,60 | 24 | 86,40 |
| Refuerzo 1 | 0,25x1,10x2,70 | 1,50 | 4,05 | 8 | 32,40 |
| Refuerzo 2 | 0,25x1,10x2,70 | 2,00 | 2,70 | 4 | 10,80 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | 0,25x1,65x2,70 | 1,50 | 5,70 | 8 | 45,60 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | 0,25x0,36x2,70 | 1,50 | 1,83 | 8 | 14,64 |
| Hueco Ascensor Largo 2 | 0,25x1,65x2,70 | 2,00 | 7,60 | 4 | 30,40 |
| Hueco Ascensor Corto 2 | 0,25x0,36x2,70 | 2,00 | 2,44 | 4 | 9,76 |
| Muro Escaleras | 3,6x0,25x2,70 | 1,50 | 11,55 | 6 | 69,30 |
| Muro Exterior | 7,50x0,30x2,70 | 2,20 | 16,50 | 12 | 396,00 |
| Edificios Afectados | - | - | - | - | 3.462,86 |
| Total | - | - | 58,67 | 126 | 4.287,76 |

Tabla 5. Base para el cálculo de costes de las protecciones.

En el apartado del total de m² de los muros exteriores se multiplican por 2, ya que nos queremos asegurar que no hay proyecciones que puedan afectar a los edificios cercanos.

9.5 Preparación de cargas. Es una labor que es necesario hacer al tiempo de efectuar la carga. Las horas están incluidas en el apartado de Carga de Barrenos. En total exigirá unas 40 horas.

9.6 Carga de barrenos. Se realizará por medio de artilleros ayudados por dos peones, que serán capaces de cargar 65 barrenos/hora, esto sale un total de 3 días con jornadas de 12 horas.

10. Iniciación del explosivo.

La iniciación en esta demolición se ha decidido que sea con detonadores electrónicos para poder tener una gran versatilidad a la hora de escoger la secuencia de encendido y de esta manera poder reducir las vibraciones que ocasione la estructura al colapsar.

Los detonadores electrónicos están constituidos por: una carga base, una carga primaria, una ampolla pirotécnica con resistencia, un chip, un condensador, un circuito de protección de sobre voltaje, un tapón antiestático y cables eléctricos, figura 15.

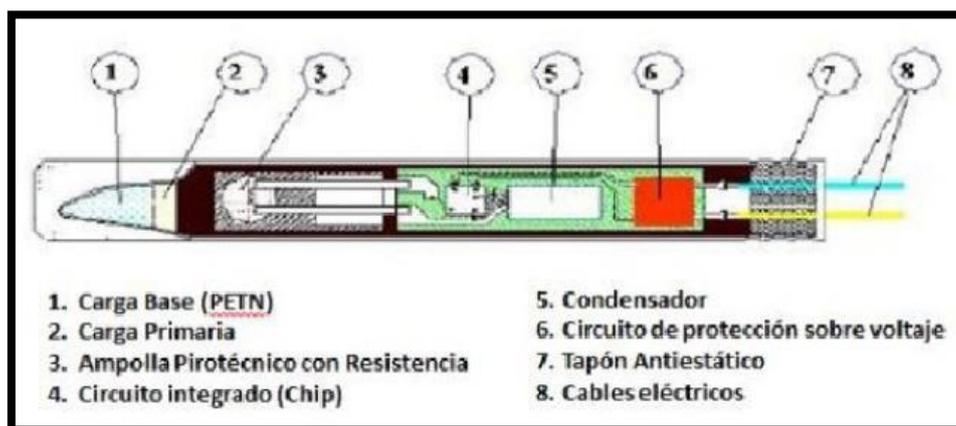


Figura 15. Esquema de un detonador electrónico por dentro.

Estos detonadores tienen como principal característica su seguridad y su precisión. Los detonadores se activan instantes antes de la detonación y requieren de una corriente codificada para su iniciación. Se pueden programar con un tiempo de retardo de 1 a 14.000 ms en intervalos de 1 ms. Las pegas están limitadas a 500 detonadores por disparo, pero con la posibilidad de ampliación utilizando otro modelo de explosor.

Con este tipo de detonadores no existen los conectores ya que el retardo en cada barreno viene determinado por el chip de su detonador. En un extremo encontramos el detonador propiamente dicho y en la otra una clavija (figura 16) con la cual primero de todo la conectamos al Logger (figura 17) (aparato que se utiliza para programar los detonadores, medir las fugas eléctricas, comprobar que todos los detonadores están conectados y/o programados, y comprobar una vez disparada la voladura que todos ellos han detonado) y programamos el que queremos y seguidamente lo conectamos a la línea eléctrica poniendo esta en las cuchillas que encontramos dentro de la clavija

(figura 16), seguidamente se libera una resina que aísla la zona para evitar derivaciones de corriente. El orden de conexión de dichas clavija a la línea eléctrica es indiferente ya que el tiempo con el que saldrá no lo determina el grosor de la pasta de retardo que llevan los eléctricos y no-eléctricos o los conectadores de superficie de los no-eléctricos, sino que ese retardo está en el chip de cada detonador. Una vez están todo los detonadores conectados a la línea se puede comprobar, mediante el Logger, que todos los detonadores están conectados y programados, y si el aparato localizase alguno sin programar nos diría cual es, por eso es importante ir apuntando que detonador programamos y con qué tiempo así facilitamos la operación de localización del detonador, que normalmente suele ser muy engorrosa.



Figura 16. Imagen de la clavija con el hilo de conexión.



Figura 17. Imagen del Logger de programación de los detonadores electrónicos.

La operación de conexión de los detonadores se realizará el mismo día de la voladura, de esta manera ganamos en seguridad, ya que no hay manera de poder iniciar el explosivo.

Dado que de los pilares y muros de carga objeto de demolición no son de dimensiones considerables, el sistema de carga de explosivo está basado en el empleo de cargas concentradas y espaciadas a lo largo del barreno junto a cordón detonante de 6 g/m de gramaje para asegurar la iniciación de todo el barreno.

Los cordones detonantes procedentes de cada uno de los barrenos de un mismo pilar se les colocará un detonador electrónico, así nos aseguramos que todos los barrenos de un mismo pilar salen al mismo tiempo, figura 18.

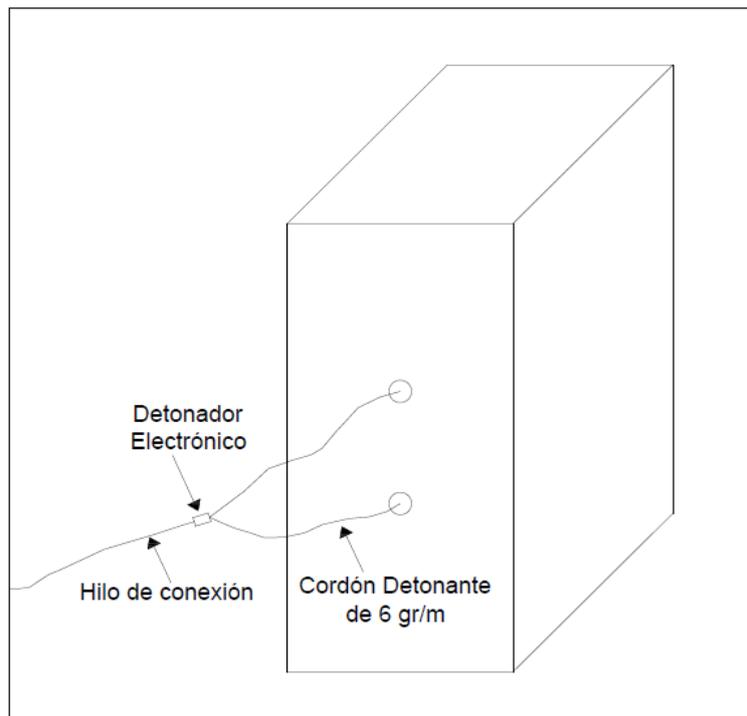


Figura 18. Esquema de la unión entre el cordón detonante y el detonador electrónico.

Para los muros de carga de las escaleras se utilizará un sistema parecido. En este caso tenemos 4 filas por 8 barrenos en cada fila. Aquí el trozo saliente de cordón detonante de cada barreno se unirá a una línea maestra del mismo gramaje que recorre toda la fila. Las dos líneas inferiores irán unidas a un detonador electrónico, mientras que las 2 superiores con otro. La diferencia de milisegundos entre estos 2 detonadores será de 4 ms, así ayudamos a que el edificio colapse hacia dentro.

Por último para los muros de carga exteriores la manera de proceder es muy similar a la de los muros de carga explicados anteriormente. En este caso tenemos 9 filas por 18 barrenos por fila. Los trozos salientes de cordón detonante de cada barreno irán unidos a una línea maestra del mismo gramaje que recorre toda la fila. Se harán tríos de líneas maestras de cordón con lo que uniremos las líneas inferiores con un detonador electrónico, las centrales con otro y finalmente las 3 superiores. Cada una

de ellas llevará un retardo de 4 ms con la inferior, ayudando así a que el colapso del edificio se efectúe hacia dentro (plano 7.1, 7.2 y 7.3).

Los primeros pilares en salir serán los 4 básicos centrales y se irá abriendo la malla hasta acabar con los muros exteriores. La diferencia entre los muros de carga y los 4 centrales de la primera planta es de 7 ms tal y como podemos ver en los planos 7.1, 7.2 y 7.3. La diferencia entre pilares/muros de carga entre planta es de 70 ms. Y el mismo proceso entre la primera planta y la cuarta. Este proceso se efectuará de esta manera para hacer que el edificio colapse hacia dentro, evitando de esta manera las vibraciones y las proyecciones que pudieran ocasionar el edificio al caer. Si nos fijamos la diferencia entre los muros exteriores de una planta y los pilares centrales de la siguiente es muy baja, de esta manera conseguimos un efecto parecido al de un cono invertido ayudando al edificio a colapsar hacia dentro.

11. Consumo de explosivo y accesorios.

El explosivo a emplear será Riodin (antes Goma 2 ECO) encartuchado del calibre 32x200 y 26x200 milímetros.

Para iniciar todas cargas de los barrenos y de los pilares a la vez se utilizará cordón detonante de 6 gr/m. En el caso de los muros de carga para iniciar parejas de filas en los de las escaleras y tríos de filas en los exteriores.

En el siguiente cuadro vemos detallado el cálculo de cartuchos de Riodin, dependiendo del diámetro, del tipo de pilar o muro.

En diámetro 32 mm serán necesarios 294 cartuchos y en diámetro 26 mm serán necesarios 582 cartuchos.

| Pilar | Ø=32 mm | Ø=26 mm | Cartuchos por pilar | Número de Pilares | Cartuchos Totales |
|------------------------|---------|---------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Básico 1 | x | - | 2 | 48 | 96 |
| Básico 2 | x | - | 3 | 24 | 72 |
| Refuerzo 1 | x | - | 3 | 8 | 24 |
| Refuerzo 2 | x | - | 4,5 | 4 | 18 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | x | - | 5 | 8 | 40 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | x | - | 1 | 8 | 8 |
| Hueco Ascensor Largo 2 | x | - | 7,5 | 4 | 30 |
| Hueco Ascensor Corto 2 | x | - | 1,5 | 4 | 6 |
| Muro Escaleras | - | x | 16 | 6 | 96 |
| Muro Exterior | - | x | 40,5 | 12 | 486 |
| Total | - | - | 84 | 126 | 876 |

Tabla 6. Consumo de Cartuchos de Riodin.

En el siguiente cuadro detallamos el consumo de cordón detonante. Al igual que con la dinamita detallamos cada tipo de pilar y de muro. También es necesario calcular el cordón que queda fuera del barreno (65 cm en el caso de los pilares y de 40 cm en los muros de carga) y que servirá para unir todos los barrenos de un pilar o todos los barrenos de una fila en un muro.

El cordón detonante para asegurar la continuidad de la detonación a lo largo de todos los barrenos es de 467 metros y el necesario para las conexiones exteriores entre barrenos es de 1.012 metros, lo cual nos lleva a un consumo de 1.500 metros de cordón detonante de 6 g/m.

| Pilar | Longitud del Barreno (m) | Número Barrenos | Cordón Detonante dentro del barreno (m) | Cordón Detonante fuera del barreno (m) | Total Cordón Detonante de 6 gr/m (m) |
|------------------------|--------------------------|-----------------|---|--|--------------------------------------|
| Básico 1 | 0,45 | 96 | 43,2 | 62,4 | 105,6 |
| Básico 2 | 0,45 | 72 | 32,4 | 46,8 | 79,2 |
| Refuerzo 1 | 0,75 | 16 | 12 | 10,4 | 22,4 |
| Refuerzo 2 | 0,75 | 12 | 9 | 7,8 | 16,8 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | 1,53 | 16 | 24,48 | 10,4 | 34,88 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | 0,24 | 16 | 3,84 | 10,4 | 14,24 |
| Hueco Ascensor Largo 2 | 1,53 | 12 | 18,36 | 7,8 | 26,16 |
| Hueco Ascensor Corto 2 | 0,24 | 12 | 2,88 | 7,8 | 10,68 |
| Muro Escaleras | 0,15 | 192 | 28,8 | 75,6 | 104,4 |
| Muro Exterior | 0,15 | 1944 | 291,6 | 772,2 | 1063,8 |
| Total | - | 2388 | 466,56 | 1011,6 | 1478,16 |

Tabla 7. Consumo de Cordón Detonante de gramaje 6.

En el capítulo de detonadores hemos mencionado que cada pilar detonará con un detonador y que en el caso de los muros de carga se emplearán 2 detonadores en los muros de las escaleras y 3 detonadores en los muros exteriores.

En total necesitaremos 156 detonadores, pero pediremos 170 unidades para cualquier imprevisto que pueda surgir.

| Pilar | Detonadores por Pilar | Número de Pilares | Total Detonadores |
|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Básico 1 | 1 | 48 | 48 |
| Básico 2 | 1 | 24 | 24 |
| Refuerzo 1 | 1 | 8 | 8 |
| Refuerzo 2 | 1 | 4 | 4 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | 1 | 8 | 8 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | 1 | 8 | 8 |
| Hueco Ascensor Largo 2 | 1 | 4 | 4 |
| Hueco Ascensor Corto 2 | 1 | 4 | 4 |
| Muro Escaleras | 2 | 6 | 12 |
| Muro Exterior | 3 | 12 | 36 |
| Total | 13 | 126 | 156 |

Tabla 8. Consumo de Detonadores electrónicos.

12. Estudio de vibraciones.

Debido a que nuestro tipo de voladura es una demolición, no es correcto aplicar directamente la Norma UNE. 22.381-93 ya que nuestro explosivo no estará confinado en barrenos en el terreno sino en los pilares del edificio, hemos seguido el siguiente procedimiento para poder llegar a adecuar nuestra voladura a la Norma.

Primero de todo calculamos el volumen total de la estructura de nuestro edificio, para ello creamos la siguiente tabla:

| Tipo de Pilar | Dimensiones (m) | Número de Pilares por planta | Número de Plantas | Volúmen (m3) |
|------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------|----------------|
| Básico 1 | 0,30x0,60x2,70 | 24 | 7 | 81,648 |
| Refuerzo 1 | 0,25x1,10x2,70 | 4 | 7 | 20,79 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | 0,25x1,65x2,70 | 4 | 7 | 31,185 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | 0,25x0,36x2,70 | 4 | 7 | 6,804 |
| Muro Escaleras | 3,60x0,25x2,70 | 2 | 7 | 34,02 |
| Muro Exterior | 7,50x0,30x2,70 | 4 | 7 | 170,1 |
| Forjado | 49,30x21,10x0,3 | 1 | 7 | 2184,483 |
| Total | - | 43 | - | 2529,03 |

Tabla 9. Cálculo del volumen del edificio de L'Escut.

Con el volumen total en m³ pasamos a calcular la masa del edificio utilizando una densidad del hormigón armado de 2.500 kg/m³:

$$Masa = Volumen \cdot Densidad = 2.529,03 \cdot 2.500 = 6.322.575 \text{ Kg}$$

A continuación considerando el centro de masa del edificio que se encuentra justo a la mitad de la altura total del edificio, es decir, a 10,5 metros, la gravedad y la masa calculada anteriormente, encontramos la energía que produciría nuestro edificio si cuando colapsara golpease de golpe con todo su peso. Cabe recordar que con la secuencia utilizada en esta demolición gracias a la versatilidad de los detonadores electrónicos, nos permite asegurar que la energía del golpe de la estructura en el edificio será mucho inferior a la siguiente:

$$Energia\ potencial = m \cdot g \cdot h = 6.322.575 \cdot 9,81 \cdot 10,5 = 651.256.837,87 \text{ Julios}$$

Esta es la energía que impactaría en el terreno en el momento de la demolición, sabiendo que el explosivo utilizado en nuestra voladura (Riodin) tiene una energía de unos 4.800 Julios/gramo, encontramos el equivalente en explosivo.

$$Kg\ de\ Explosivo = 651.256.837,87 \text{ Julios} \cdot \frac{1 \cancel{g}}{4.800 \text{ Julios}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \cancel{g}} = 136,68 \text{ kg}$$

Ahora tenemos el equivalente a explosivo de la energía que produciría el edificio si colapsara y cayera con todo su peso sobre el terreno pero como hemos comentado utilizaremos una secuencia con detonadores electrónicos que hace que las plantas

vayan golpeando una por una contra el suelo, con lo cual aplicamos un factor reductor de 0,3. Además, las últimas plantas no golpearán con la misma energía en el suelo como lo hacen las plantas más bajas ya que se van superponiendo unas encima de otras, por lo que le aplicamos otro factor reductor de 0,6. Al final nos queda una energía equivalente:

$$Kg \text{ explosivo equivalente} = 135,68 \cdot 0,3 \cdot 0,6 = 24,42 \text{ kg}$$

Una vez tenemos un equivalente a explosivo de la energía de la estructura al caer por el colapso de la demolición aplicamos la Norma UNE. 22.382-93.

- El edificio más cercano es el Restaurante El Casino situado a 20 metros de distancia, por tanto decimos que es una estructura del Grupo 2, al ser un edificio de recreo que cumple con la normativa legal. Utilizaremos entonces un Fe (Factor de estructura) igual a 1.
- Para el tipo de suelo necesitaríamos un estudio geofísico específico de esta zona pero como no se trata de una voladura normal, donde el explosivo va confinado en barrenos si no que utilizamos la energía del edificio al caer, escogemos como macizo rocoso uno Duro que tiene un Fr (Factor del terreno) igual a 0,40.

Con estos datos aplicamos la fórmula que nos proporciona la norma y calculamos la Carga Corregida:

$$Q_c = Fr \cdot Fe \cdot Q = 0,40 \cdot 1 \cdot 24,42 = 9,76 \text{ kg}$$

Una vez tenemos esta carga y con la distancia de 20 metros al casino, colocamos el punto en el gráfico de la Norma donde se sitúa nuestro caso:

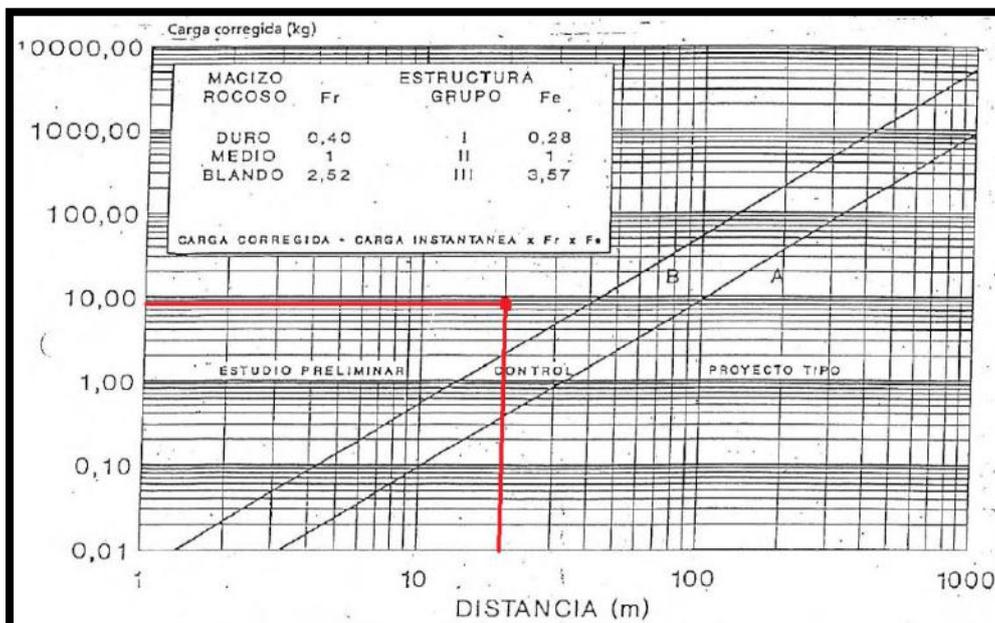


Figura 19. Gráfico de la Norma para encontrar nuestro caso.

En cuanto a la onda aérea producida por el explosivo hay que tener en cuenta que todas las explosiones serán dentro del edificio con lo cual el mismo atenuará dicha onda aérea.

Como podemos ver en la tabla anterior, queda dentro de “ESTUDIO PRELIMINAR” lo que significa que antes de realizar este proyecto deberíamos contratar a una empresa especializada en estudios de vibraciones. Este proyecto estará contemplado en el presupuesto.

13. Protecciones.

Durante los trabajos de preparación de la voladura se pondrán protecciones para evitar las proyecciones.

De esta manera, la zona a volar será cubierta por una tela metálica formada por hilos de acero de 2 mm de diámetro de simple torsión y en malla de 50x50 mm. Se cerrará sobre las zonas a disparar de cada pilar de manera que quede debidamente ajustada a éste. Es una protección muy adecuada para detener elementos de tamaño grande, por lo que es imprescindible en estas demoliciones en zonas urbanas.

Sobre la tela metálica se dispondrá una capa de geotextil de 400 gr/m² de peso que por su cuerpo será capaz de parar proyecciones más menudas que las anteriormente dichas. Por otra parte su ligereza asegura que en el momento de la explosión los gases generados no producirán una sobre-presión que pueda arrancar esta protección. Para que ello sea así, ha de asegurarse rígidamente pero de manera tal que no sea desgarrado al recibir el pico de presión.

Con estas precauciones puede asegurarse que no habrán proyecciones que tengan su origen en las cargas explosivas, pero estas pueden tener otro origen: la caída de la estructura.

Contra estas últimas cabe establecer un cordón de escombros alrededor del edificio, para que hagan el oficio de parapeto contra el que choquen los cascotes; es un artificio empleado con frecuencia.

En el siguiente cuadro podemos observar el cálculo para determinar los m² de geotextil y malla metálica necesarios.

| Pilar | Dimensiones | Altura proteger (m) | Área (m2) | Número de Pilares | Total (m2) |
|------------------------|----------------|---------------------|--------------|-------------------|-----------------|
| Básico 1 | 0,30x0,60x2,70 | 1,50 | 2,70 | 48 | 129,60 |
| Básico 2 | 0,30x0,60x2,70 | 2,00 | 3,60 | 24 | 86,40 |
| Refuerzo 1 | 0,25x1,10x2,70 | 1,50 | 4,05 | 8 | 32,40 |
| Refuerzo 2 | 0,25x1,10x2,70 | 2,00 | 2,70 | 4 | 10,80 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | 0,25x1,65x2,70 | 1,50 | 5,70 | 8 | 45,60 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | 0,25x0,36x2,70 | 1,50 | 1,83 | 8 | 14,64 |
| Hueco Ascensor Largo 2 | 0,25x1,65x2,70 | 2,00 | 7,60 | 4 | 30,40 |
| Hueco Ascensor Corto 2 | 0,25x0,36x2,70 | 2,00 | 2,44 | 4 | 9,76 |
| Muro Escaleras | 3,60x0,25x2,70 | 1,50 | 11,55 | 6 | 69,30 |
| Muro Exterior | 7,50x0,30x2,70 | 2,20 | 16,50 | 12 | 396,00 |
| Edificios Afectados | - | - | - | - | 3.462,86 |
| Total | - | - | 58,67 | 126 | 4.287,76 |

Tabla 10. Cálculo de los m² necesario de las protecciones.

Los barrenos realizados en los muros también tienen necesidad de protecciones: Estos se rodearán por dentro con una capa de malla metálica y geotextil y por la parte exterior con una capa doble para asegurar que no hay proyecciones en dirección del Restaurante El Casino y en la otra dirección a un parque urbano.

Así mismo las protecciones para las farolas y árboles que se encuentran en las aceras serán balas de paja que se colocarán el día antes de la voladura.

Para los edificios cercanos que puedan tener riesgo de proyecciones y evitar en parte el polvo como son el Restaurante El Casino, el Aula de Música y el Museo del Molino se rodeará su fachada con una capa de geotextil. Esta operación también se realizará el día de antes a la demolición.

14. Conclusiones.

La demolición de estructuras que han llegado al final de su vida útil requiere la elección de métodos adecuados, eficientes y bien diseñados. Una manera técnica y temporalmente efectiva de demoler muros de mampostería, hormigón armado y estructuras de acero es mediante el empleo de explosivos. Comparado con otros métodos de demolición que usan exclusivamente medios mecánicos, la demolición mediante voladura controlada permite el colapso de una estructura en un corto periodo de tiempo de operación. Debido a este corto periodo de tiempo se pueden minimizar las molestias al comercio próximo y al tráfico de los alrededores, siendo el impacto ambiental sobre zonas cercanas menor.

Sin embargo, dado que una voladura en sí misma es un evento extraordinariamente dinámico y energético, la demolición de estructuras mediante explosivos puede provocar recelos en las autoridades municipales y vecinos próximos.

En este Trabajo de Fin de Máster, los detalles técnicos del diseño de la voladura, la selección de los elementos estructurales a destruir por los explosivos y la cantidad y tiempo de iniciación de los explosivos, se han realizado de acuerdo con la buena práctica ingenieril, fundamentada en buena parte en experiencias empíricas previas.

Dado que esta técnica de demolición es muy sensible a los errores (tanto de diseño como de ejecución), sobre todo si la construcción es compleja, se ha prestado una especial atención al estudio de las características, medidas y ubicación de los pilares en el edificio a demoler. Los errores en una demolición mediante explosivos pueden dar situaciones peligrosas si el colapso planeado es incompleto y quedan porciones remanentes de la estructura que deban ser retiradas manualmente.

Para aumentar al máximo el control en los tiempos de detonación de las cargas explosivas, y por tanto el control sobre la dirección de caída de la estructura, se ha optado por el empleo de la mejor técnica disponible en este momento: los detonadores electrónicos. A pesar de que económicamente sea la opción más cara, las mayores garantías de seguridad y fiabilidad que ofrecen este tipo de detonadores justifican plenamente su elección.

Otro aspecto considerado en este Trabajo de Fin de Máster ha sido la predicción del nivel de vibraciones que el colapso de la estructura provocará sobre el terreno y entorno inmediato. Para ello se han realizado una serie de asunciones y simplificaciones del problema que permiten obtener valores de carácter meramente orientativo. En el caso de que la demolición se llevara a cabo realmente, este apartado debería abordarse de una manera más rigurosa.

15. Bibliografía.

- <http://www.vallirana.cat/> (Consultada el 22 de Octubre a las 11:34 horas)
- <http://www.maxam.net/> (Consulta el 12 de noviembre a las 10:21 horas)
- <http://www.orica.com/> (Consultada el 12 de noviembre a las 11:14 horas)
- *Voladuras controladas en zonas urbanas.* M. Abad Fernández.
- *Demoliciones por voladura.* Esteban Langa Fuentes.
- *Técnica sueca de voladuras.* Rune Gustafsson.
- *Respuesta estructural según el medio transmisor para vibraciones por voladura de pequeña carga.* Emilio Hidalgo Bayo
- *Demoliciones y su seguridad.* Joaquín Perona Lucas
- *Manual de empleo de explosivos.* Unión Española de Explosivos.
- *Manual de medidas para la correcta manipulación de los explosivos y accesorios.* Unión Española de Explosivos.



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Trabajo Final de Máster

Proyecto de Demolición de un Edificio

Máster en Ingeniería de Minas

Curso 16/17

2. Pliego de Condiciones

Autor: Luis Arenas Nieto

Director: Eduard Cámara

Data: 13-01-2017

Localidad: Manresa

Índice

| | |
|---|------------------|
| 1. Medidas de Seguridad..... | Página 2 |
| 2. Disposición Interna de Seguridad | Página 3 |
| 3. Documento de Seguridad y Salud..... | Página 4 |
| 3.1. Descripción general de la actividad y consideraciones previas... | Página 4 |
| 3.2. Marco legislativo..... | Página 5 |
| 3.3. Identificación de riesgos. | Página 6 |
| 3.3.1.-Trabajos previos..... | Página 6 |
| 3.3.2. Ejecución de la voladura. | Página 8 |
| 3.3.3. Examen de los resultados de la voladura. | Página 8 |
| 3.3.4. Retirada del escombros. | Página 9 |
| 3.3.5. Puestos de trabajo considerados. | Página 9 |
| 3.3.6. Factores de riesgo y riesgos asociados..... | Página 10 |
| 3.3.7. Riesgos residuales de las máquinas. | Página 12 |
| 3.3.8. Riesgos específicos de los equipos de trabajo. | Página 13 |
| 3.3.9. Riesgos relacionados con la organización del trabajo. . | Página 13 |
| 3.3.10. Riesgos de encendido imprevisto de detonadores. | Página 14 |
| 3.4. Medidas de prevención..... | Página 14 |
| 3.4.1. Medidas comunes para máquinas móviles. | Página 14 |
| 3.4.2. Abatimiento de elementos o partes inestables. | Página 17 |
| 3.4.3. Perforación de Barrenos..... | Página 17 |
| 3.4.4. Uso y manipulación de explosivos..... | Página 18 |
| 3.4.5. Medios de protección personal..... | Página 24 |
| 3.4.6. Primeros auxilios, evacuación y salvamento. | Página 26 |
| 3.4.7. Situaciones críticas o anormales. | Página 27 |
| 3.4.8. Control de las condiciones de trabajo..... | Página 29 |
| 3.4.9. Formación e información del personal..... | Página 30 |

1. Medidas de seguridad.

La realización de los trabajos de demolición descritos en los puntos anteriores se llevará a cabo cumpliendo la normativa vigente en materia de explosivos:

- Reglamento de Explosivos de 16 de Febrero de 1998.
- Real Decreto de 2 de Abril de 1985, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- Orden de 29 de Julio de 1994, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria del capítulo 14.1.

Además se prestará especial atención a los puntos siguientes:

- La perforación de barrenos a media altura de la estructura se realizará disponiendo el operario sobre una canasta movida por grúa, o autopropulsada.
- La carga de explosivo en estos barrenos se realizará desde la misma plataforma.
- No se efectuará la carga de los barrenos durante los trabajos de perforación, siendo estas operaciones totalmente independientes.
- El cartucho cebo será preparado inmediatamente antes de la carga.
- En el proceso de carga de barrenos en el edificio únicamente se encontrará el personal directamente implicado en la citada operación.
- Para efectuar la carga de los barrenos se utilizarán atacadores de madera.
- Todos los barrenos serán retacados con tacos de arcilla hasta la boca de los mismos.
- El disparo de los barrenos, se dará a conocer mediante señales acústicas apropiadas, habiendo cortado previamente todos los accesos a las instalaciones, y coordinando el mismo con la policía local.
- Después de la voladura se comprobará, en lo posible, la existencia de algún barreno fallido, caso de existir, se procederá, según las circunstancias, de acuerdo con el punto 9.3 de la vigente ITC.

2. Disposición interna de seguridad.

Los parámetros de voladura citados en los puntos anteriores, están basados en la utilización de cargas de explosivo de reducido tamaño, por lo que se hace imprescindible el realizar la operación de troceo de cartuchos de Riodin en calibre 32x200 milímetros y 26x200 milímetros.

Al objeto de disponer de cantidades de explosivo indicadas en el proyecto, deberán observarse las disposiciones que a continuación se relacionan para el corte de cartuchos:

- 1- La operación de troceo de cartuchos se realizará en las proximidades de la estructura a demoler, en lugar acotado y libre de personal, salvo el estrictamente necesario que intervenga en las operaciones de voladura.
- 2- En las operaciones de troceo de cartuchos, en ningún caso se procederá a quitar el envoltorio de papel parafinado de los mismos.
- 3- Queda prohibido proceder a la obtención de trozos de cartucho, auxiliándose de útiles tales como navajas, cuchillos, etc.
- 4- Para obtener estas cantidades de explosivo inferiores a un cartucho, el Artillero cogerá con ambas manos los extremos del cartucho, juntándolas a la altura de donde se deba realizar la rotura y por una simple flexión y torsión simultánea, obtendrá bien la mitad, el tercio, o la cantidad precisa para realizar la carga del barreno.

3. Documento de seguridad y salud.

3.1. Descripción general de la actividad y consideraciones previas.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene como objetivo el estudio de las condiciones de seguridad y establecimiento del correspondiente sistema de prevención, de las operaciones asociadas a la ejecución de la voladura controlada para la demolición del edificio L' Escut situado en la calle Pau Casals de Vallirana (Barcelona).

Generalmente, cuando se hace referencia a una demolición mediante explosivo, entendemos que se persigue el abatimiento y fragmentación de la estructura mediante la colocación de cargas de explosivo en determinados puntos de la estructura y detonación secuenciada de las mismas, de modo que el desplome se realice de acuerdo con un plan previsto. No obstante, existe una fase de preparación de la estructura y de su entorno, en la que se puede requerir la demolición parcial de ciertos elementos mediante medios mecánicos, utilización de maquinaria específica y ejecución de trabajos en altura.

Con el objeto de realizar un análisis sistemático del conjunto de las operaciones necesarias para llevar a buen término la demolición proyectada, estableceremos una clasificación, ordenada según el desarrollo natural de las mismas. Para cada fase o tarea se especificarán los oficios necesarios y la maquinaria y equipos requeridos, quedando identificados, de forma general, los puestos de trabajo necesarios, sin perjuicio de que la misma persona pueda desarrollar más de un oficio. Una vez determinados los riesgos asociados a cada fase, quedarán identificados los riesgos asociados a cada oficio y, por consiguiente, a cada trabajador.

Las medidas de prevención se redactarán por campos genéricos, tales como riesgos asociados a máquinas móviles, riesgos asociados al uso y manipulación de explosivos, etc.

En algunos casos las medidas de prevención se enuncian para fases del trabajo y su difusión ha de ser general. Otras, como las aplicables a conductores u operarios de maquinaria móvil, serán específicas de los oficios correspondientes.

La identificación de riesgos parte, como hemos indicado, de la clasificación e identificación de operaciones que se resume a continuación.

Las operaciones de perforación y voladura se han de realizar conformes con el correspondiente proyecto de voladuras, cuyas especificaciones responden en muchos casos a exigencias de seguridad, de acuerdo con la normativa citada en el apartado siguiente.

1. No se consideran turnos de trabajo nocturnos, pero se considera la posibilidad de trabajo en más de un turno diurno, en particular en relación con las medidas de prevención relativas a la coordinación de trabajos en los cambios de turno.
2. No se han considerado en este ESS las operaciones que, en su caso, sean exigibles en relación con transporte de los escombros.
3. Las Disposiciones Internas de Seguridad (DIS) de la obra se consideran integradas en el sistema de prevención de la misma. Las DIS son documentos específicos, por lo que su aplicación es suplementaria de las disposiciones, más generales, recogidas en este documento.
4. Las DIS de las empresas contratadas que operen en el recinto de la obra se consideran, asimismo, integradas en el sistema de prevención aplicable a los puestos de trabajo correspondientes, siendo suplementarias de este documento en aquellos aspectos que no se hayan considerado aquí.
5. Los equipos de trabajo de las empresas contratadas no son conocidos a priori. Se asume, en este documento, que se adecuarán a los trabajos previstos de acuerdo con la reglamentación vigente, con el proyecto general de obra, con el proyecto de voladura y con la buena práctica del uso del explosivo. En particular, se asume que las máquinas cumplen el RD 1435/92 – (Directiva 89/392/CEE. Máquinas) y los equipos de trabajo el RD 1215/97 – (Directivas 89/655/CEE 95/63/CE. Equipos de trabajo.)

3.2. Marco legislativo.

Se consideran los principios de acción preventiva que se recogen en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95 PRL) y el RD 1627/97 de 24 de diciembre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Se establece la responsabilidad del empresario de informar a los trabajadores sobre los diversos aspectos relacionados con los riesgos de su puesto de trabajo y sobre las medidas de prevención y, en su caso, protección contra dichos riesgos (artículo 18 de la Ley 31/95 PRL).

Finalmente, han de ser cumplimentadas las comunicaciones especificadas en los artículos del citado RD 1389/97, con el fin de informar a la autoridad laboral competente.

A parte de la normativa citada, Ley 31/95 PRL y RD 1627/97, el presente ESS ha sido elaborado de acuerdo con los reglamentos e instrucciones técnicas complementarias (ITC) siguientes:

1. Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (RGNBSM) RD 863/85 de 2 de abril.
2. ITC 07.1.04 Trabajos a cielo abierto. Lucha contra el polvo.

3. ITC 10.0.01 Explosivos. Normas generales.
4. ITC 10.2.01 Explosivos. Utilización.
5. ITC 10.3.01 Explosivos. Voladuras especiales.
6. Norma UNE 22381 93.
7. RD 1435/92 – Directiva 89/392/CEE. Máquinas.
8. RD 1215/97 – Directivas 89/655/CEE 95/63/CE. Equipos de trabajo.
9. RD 1316/85 – Protección de los trabajadores frente a los riesgos de la exposición al ruido.
10. RD 277/2005 – Por el que se modifica el Reglamento de Explosivos.
11. RD 230/1998 – Por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos
12. RD 286/2006– Protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con el Ruido.
13. RD 330/2009 – Protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a vibraciones mecánicas.
14. RD 773/1997 – Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
15. Orden PRE/2035/2012, de 24 de septiembre, por la que se modifica la Orden PRE/1263/2009, de 21 de mayo, por la que se actualizan las instrucciones técnicas complementarias números 2 y 15, del Reglamento de Explosivos, aprobado por Real Decreto 230/1998, de 16 de febrero.
16. ORDEN PRE/252/2006, de 6 de febrero, por la que se actualiza la Instrucción Técnica Complementaria n.º 10, sobre prevención de accidentes graves, del Reglamento de Explosivos.

3.3. Identificación de riesgos.

3.3.1. Trabajos previos.

La preparación de accesos y explanada, así como la instalación, si fuera necesario, de la maquinaria necesaria para la ejecución de los trabajos no aporta riesgos específicos, aparte de los asociados a la utilización de la maquinaria o equipos necesarios.

Las instalaciones serán ejecutadas conforme con la legislación aplicable, como, por ejemplo, la instalación eléctrica, suministro de aire comprimido, casetas y talleres de obra, etc.

Se ha de definir y acondicionar la explanada sobre la que se producirá la caída de la estructura, atendiendo al tipo de abatimiento proyectado y elementos afectables situados en el entorno de la obra.

Preparación de la estructura.

La preparación de la estructura es una fase importante del proceso de demolición y consiste en la ejecución de una serie de trabajos encaminados a facilitar la caída o colapso de la estructura, de acuerdo con el plan de derribo previsto en el proyecto.

Las operaciones que generalmente se desarrollan en ésta fase consisten en la eliminación, mediante medios mecánicos, de ciertos elementos resistentes de la estructura cuya presencia pudiera impedir el abatimiento programado en el proyecto. Entre tales operaciones entran el corte de escaleras, aligeramiento de paneles divisorios, retirada de elementos metálicos en las zonas de aplicación de explosivos, etc.

Otra cuestión importante, desde el punto de vista de la seguridad, es la presencia de elementos, no resistentes, colocados sobre la estructura, tales como antenas, canalones, depósitos, estructuras metálicas anexas, etc., que puedan ser proyectados durante la voladura, en particular en las demoliciones con vuelco lateral de la estructura. Estos elementos han de ser previamente retirados.

Los medios materiales generalmente empleados se encuentran entre los siguientes:

1. Herramientas manuales, como mazos, picos, radiales, etc.
2. Martillos ligeros, de mano, neumáticos o eléctricos.
3. Pala retroexcavadora.
4. Martillos hidráulicos pesados y cizallas, montados en el brazo de la retro.
5. Equipos de oxicorte, para el corte de elementos estructurales metálicos.
6. Escaleras de mano.
7. Andamios modulares o de tubos.
8. Plataformas de trabajo sobre chasis automotor.

Los riesgos se identifican, por tanto, asociados a la utilización de máquinas móviles y equipos diversos. Generalmente se producen atmósferas con alto contenido en polvo respirable, con riesgo de alto contenido de sílice libre. Se requiere trabajo en altura, con los riesgos de caída a distinto nivel y caída de objetos.

Perforación, carga y conexión del sistema de secuenciación.

Las labores de perforación se realizan mediante martillos rotopercutivos de mano, neumáticos, de aire comprimido, o eléctricos. Se han de considerar, por tanto los riesgos asociados a los equipos, tanto a los elementos móviles de los mismos como a la fuente de energía que los alimenta.

Las operaciones de perforación generan polvo, ruido y vibraciones mecánicas.

Generalmente requieren trabajar sobre andamios o plataformas automotoras, lo que introduce riesgos asociados al trabajo en altura, principalmente caídas a distinto nivel y caídas de objetos.

Los riesgos durante la carga y conexión de detonadores son los asociados al uso y manipulación de explosivos, detonación intempestiva y rotura de envases.

En otro orden de cosas, el explosivo se carga en muchos casos mediante fracciones de cartucho, de acuerdo con la DIS indicada en el apartado sobre prevención.

El corte de cartuchos de explosivo gelatinoso, sobre todo en períodos prolongados de carga producirá seguramente dolores de cabeza.

Las operaciones de perforación se realizan por los mismos artilleros que realizan las operaciones de carga.

La distribución de explosivos y elementos de encendido se realiza por artilleros y ayudantes de artillero, bajo la supervisión directa del Director Facultativo.

Las operaciones de conexión de los detonadores han de estar supervisadas por el Director Facultativo, dada la importancia fundamental que la secuenciación de cargas tiene en la forma de abatimiento proyectada.

3.3.2. Ejecución de la voladura.

Desde la iniciación del explosor hasta que la estructura reposa abatida sobre la explanada el riesgo principal es el riesgo de proyecciones de fragmentos de la edificación.

El origen de las proyecciones puede estar en las detonaciones del explosivo y en el lanzamiento de partes de la estructura, al describir ésta la trayectoria de derribo proyectada.

También se produce una gran cantidad de polvo, tanto respirable como fino de mayor calibre, que pueden afectar a las operaciones posteriores, desde el punto de vista de la Higiene Laboral, pero que, en ésta fase, presenta mayores complicaciones desde el punto de vista del medio ambiente.

3.3.3. Examen de los resultados de la voladura.

El examen de los resultados de la demolición está dirigido a determinar algunos riesgos que no pueden ser identificados a priori, pero que intentaremos agrupar bajo una serie de situaciones más o menos probables.

En todo caso, suponemos aquí que el derribo de la estructura se ha producido de acuerdo con lo proyectado, en cuanto al tipo de caída y su situación sobre la explanada.

Aún en caso de éxito, en el sentido apuntado, existen algunas fuentes de riesgo, entre las que destacan las dos siguientes:

1. La posible existencia de elementos o partes de la estructura que, aun habiendo sido abatidas, presentan un equilibrio inestable o potencialmente inestable.

2. La posible presencia de restos de explosivo, fondos de barreno cargados o fragmentos de cordón detonante o, en el peor de los casos, el fallo de alguno de los barrenos.

Estas operaciones han de ser realizadas por los artilleros que ejecutaron la carga de barrenos, bajo la supervisión del Director Facultativo.

3.3.4. Retirada del escombros.

Una vez examinado el escombros y descartados razonablemente los riesgos de partes inestables o de existencia de fragmentos de explosivo, se procederá a las operaciones de corte de elementos metálicos, si fuera necesario, fragmentación mediante martillos rompedores y carga y transporte al vertedero autorizado o planta de reciclado.

En cualquier caso, éstas operaciones no son objeto de éste documento, debiendo atenderse, en lo sucesivo al sistema general de prevención establecido para el conjunto de la obra, el cual estará especificado en el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud.

Será responsabilidad de la Propiedad y, en su caso, del Coordinador de Seguridad y Salud, la prolongación del Sistema de Prevención a las labores posteriores a la voladura.

3.3.5. Puestos de trabajo considerados.

En la tabla siguiente se indica una relación de los puestos de trabajo requeridos a priori para desarrollar las operaciones necesarias, junto a las funciones habituales asociadas a cada puesto, consideradas, en particular, para la identificación previa de riesgos. Las funciones indicadas no son las únicas, sino las de mayor importancia para los fines de este documento.

RELACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

| DENOMINACIÓN | FUNCIONES |
|-----------------------|--|
| PERFORISTA | <ul style="list-style-type: none"> • Perforación de barrenos. • Mantenimiento básico de la máquina. |
| ARTILLERO | <ul style="list-style-type: none"> • Carga de barrenos y ejecución de pegas. |
| AYUDANTE DE ARTILLERO | <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de explosivos y accesorios de voladura en labores de apoyo del artillero. |
| PEON NO ESPECIALISTA | <ul style="list-style-type: none"> • Labores de preparación de la estructura, abatimiento de elementos mediante. |

| | |
|------------------------------|---|
| MECÁNICO DE MAQUINARIA MÓVIL | <ul style="list-style-type: none"> • Circulación por el recinto de la obra • Riesgos específicos de las operaciones de mantenimiento. |
| DIRECTOR FACULTATIVO | <ul style="list-style-type: none"> • Dirección técnica y supervisión de trabajos. |

Los puestos de trabajo enumerados se especifican con el fin de identificar tareas, agrupar los riesgos correspondientes y determinar las medidas de prevención pertinentes, pero no son puestos nominales, pudiendo ser desarrollados total o parcialmente por una o más personas. Por ejemplo, es frecuente que el perforista sea, a su vez, artillero.

3.3.6. Factores de riesgo y riesgos asociados.

En el cuadro siguiente se resumen los riesgos identificados, de acuerdo con la descripción, de naturaleza prevencionista, expuesta en los apartados anteriores.

| FACTORES DE RIESGO | RIESGOS ASOCIADOS |
|---|--|
| <p>MÁQUINAS MÓVILES Y EQUIPOS DE TRABAJO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad de la máquina. • Accesibilidad al puesto de trabajo. • Operaciones de mantenimiento básico de la máquina – repostado, cambio de piezas simples, etc. • Uso de herramientas o accesorios. • Operaciones de arranque, estacionamiento y parada de la máquina. • Operaciones de perforación. | <ul style="list-style-type: none"> • Caídas al acceder a o abandonar la máquina. • Quemaduras, cortes, atrapamientos y golpes con elementos móviles. • Riesgos específicos de las herramientas o accesorios. • Sobreesfuerzos. • Pérdida de control de la máquina – atropello, aprisionamiento, colisión. • Riesgos residuales de las máquinas y equipos. • Riesgos específicos de cada equipo. |
| <p>ESTADO DE LA ESTRUCTURA Y USOS PREVIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad de la estructura o de sus partes. • Servicios del edificio: redes de energía eléctrica y gas. • Posibles restos de sustancias tóxicas o peligrosas. | <ul style="list-style-type: none"> • Caída de elementos de la estructura. • Caída de objetos. • Caída o vuelco de máquinas móviles. • Riesgos de la energía eléctrica. • Riesgo de explosión. • Riesgos asociados a restos de sustancias tóxicas o peligrosas. |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de la estructura abatida: zonas inestables o fragmentos de explosivo en el escombros. | |
| <p>TRABAJOS EN ALTURA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo sobre escaleras manuales. • Trabajos sobre andamios. • Trabajos sobre plataforma automotora. | <ul style="list-style-type: none"> • Caídas a distinto nivel. • Caída de objetos desde niveles superiores. • Contactos eléctricos. |
| <p>AGENTES FÍSICOS Y QUÍMICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruido. • Vibraciones. • Polvo respirable. • Gases de escape de motores Diesel. • Líquidos hidráulicos. • Explosivos. | <ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de audición. • Riesgos derivados de la fatiga física o psíquica excesiva. • Enfermedades pulmonares. • Intoxicaciones. • Detonaciones intempestivas. • Dolores de cabeza. |
| <p>ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turnos de trabajo. Horarios • Secuencia de las operaciones - serie, solapadas o simultáneas. • Operaciones donde interviene personal de dos o más empresas subcontratadas. | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgos derivados del desconocimiento de peligros generados durante el turno anterior. • Falta de coordinación de trabajos – colisiones, aprisionamiento entre máquinas, golpes con elementos móviles. |
| <p>FACTORES HUMANOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grado de formación e información del trabajador. • Calificación del trabajador. • Experiencia del trabajador. • Actitudes del trabajador. • Características específicas del trabajador. • Estado de salud del trabajador. | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgos derivados de acciones peligrosas o inadecuadas. |
| <p>FACTORES AMBIENTALES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua, barro, superficies irregulares. • Condiciones atmosféricas. | <ul style="list-style-type: none"> • Caídas al mismo o distinto nivel. • Riesgos derivados de la falta de |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Polvo en suspensión. • Espacios confinados. | <p>visibilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detonaciones intempestivas (tormentas). |
|--|---|

En los apartados que siguen se identifican, de forma más detallada, algunos de los riesgos genéricos antes citados.

3.3.7. Riesgos residuales de las máquinas.

Los riesgos residuales de las máquinas incluyen aquellos riesgos que el fabricante no puede evitar en su origen o aquellos otros asociados a elementos de prevención que evitan riesgos de mayor importancia.

Se puede establecer una serie de riesgos residuales que son comunes para las máquinas móviles que son objeto de este ESS.

1. Riesgos derivados del desconocimiento o información insuficiente o confusa de las instrucciones de utilización, etiquetas informativas y de advertencia situadas sobre la máquina o de las instrucciones para el correcto mantenimiento y manutención de la máquina.
2. Explosión de baterías de acumuladores. Contacto con electrolitos.
3. Riesgos derivados de la presurización de circuitos hidráulicos. Proyección de fluidos a alta presión. Proyección de líquidos a alta temperatura.
4. Proyección de grasa presurizada de la válvulas de seguridad de los sistemas de tensado de orugas. Una proyección de este tipo puede penetrar los tejidos del cuerpo humano, causando graves lesiones o muerte.
5. Riesgos derivados de movimientos bruscos o intempestivos cuando la máquina funciona en modo de control automático de velocidad del motor, si la máquina incorpora estaposibilidad.
6. Riesgos derivados de movimientos intempestivos durante el descenso de rampas, taludes y paso sobre caballones u otros obstáculos.
7. Riesgos derivados de movimientos intempestivos durante el ajuste de los mandos de control del implemento.
8. Riesgos asociados a operaciones de izado de cargas, en el caso de la retroexcavadora.
9. Riesgos relacionados con las operaciones de carga/descarga de las plataformas de transporte de la máquina.
10. Riesgos derivados de movimientos de giro intempestivo de la estructura superior de la retroexcavadora.

11. Riesgos específicos de las operaciones de repostado.

12. Riesgos asociados a las operaciones de revisión, manutención o mantenimiento realizadas por el mismo operario de la máquina a pie de obra. Superficies calientes o abrasivas. Elementos cortantes o punzantes. Contacto con hidráulicos u otras sustancias tóxicas. Elementos móviles. Reventones de neumáticos.

3.3.8. Riesgos específicos de los equipos de trabajo.

Con el fin de complementar los cuadros anteriores, se han de considerar por separado los riesgos específicos de los equipos de trabajo distintos de la maquinaria de movimiento de tierras y de las instalaciones fijas.

La regulación de las condiciones básicas de seguridad de los equipos de trabajo se encuentra en el RD1215/97.

En este caso y consideradas las máquinas de movimiento de tierras en otro punto, no se precisan otros equipos destinados de forma permanente en la obra. La utilización de otros equipos de forma temporal, periódica o excepcionalmente, en el recinto de la obra se reduce en principio a los siguientes:

- Camión cisterna para el repostado de las máquinas.
- Camión o cuba de riego, si no existe red de agua.
- Equipos utilizados por el servicio de mantenimiento, en el caso de realizar reparaciones u otro tipo de mantenimiento en la propia obra.
- Equipos utilizados para el transporte de las máquinas a o desde la obra.

Los trabajadores que ocupen los puestos de trabajo relacionados con las operaciones enumeradas han de ser informados, no obstante, de los riesgos específicos a los que se pueden exponer en el recinto de la obra, pero la formación e información sobre los riesgos específicos de los equipos con los que desarrollan su trabajo ha de ser objeto del ESS de las empresas contratadas para realizar los servicios indicados.

Obviamente, no se consideran los riesgos fuera del perímetro de la obra, correspondientes a la circulación en vías públicas.

3.3.9. Riesgos relacionados con la organización del trabajo.

Se genera una serie de riesgos no especificados cuando se prolonga una operación con un cambio de personal intermedio, si no se establece una sistemática de comunicación de incidentes o hechos notables sucedidas durante el turno anterior que son importantes para continuar desarrollando el trabajo en condiciones de seguridad.

Otro aspecto de esta cuestión es la coordinación de trabajos en operaciones realizadas por personal de distintas empresas contratadas.

Los peligros relacionados con la falta de coordinación de trabajos son principalmente del tipo de colisiones entre máquinas, aprisionamiento de operarios entre máquinas, golpes con elementos móviles y los propios de las operaciones que, siendo

desarrolladas por un equipo de personal, se realizan con el desconocimiento del personal perteneciente a otra empresa.

3.3.10. Riesgos de encendido imprevisto de detonadores.

La preparación de voladuras eléctricas debe contemplar los riesgos de encendido imprevisto como consecuencia de la influencia sobre los circuitos de disparo de corrientes eléctricas extrañas.

Este tipo de corrientes pueden tener los siguientes orígenes:

Causas naturales

- 1 - Tormentas.
- 2 - Electricidad estática.
- 3 - Corrientes galvánicas.

Causas artificiales

- 1 - Centros emisores de radiofrecuencia.
- 2 - Convertidores estáticos.
- 3 - Descargas a tierra de equipos eléctricos.
- 4 - Corrientes magnéticas inducidas.
- 5 - Efecto corona producido por líneas de A.T.

3.4. Medidas de prevención.

3.4.1. Medidas comunes para máquinas móviles.

1. Las máquinas móviles se utilizarán siempre dentro de los límites de desnivel máximo y otros parámetros especificados por el fabricante y de acuerdo con las instrucciones del mismo.
2. El operador de cada máquina recibirá completa instrucción sobre las características de la máquina, distancias de seguridad y modos operativos seguros durante la ejecución de las operaciones de arranque de la máquina, trabajo propiamente dicho y estacionamiento y parada de la máquina.
3. El operador de cada máquina recibirá completa instrucción sobre los elementos de protección personal, riesgos que cubren y correcta utilización de los mismos. Si no se utiliza ropa especial de trabajo, se evitará vestir ropas sueltas y elementos que puedan ser atrapados por elementos móviles de la máquina.
4. El operador de cada máquina recibirá completa instrucción sobre cómo utilizar el botiquín de a bordo, sobre actuaciones relativas a primeros auxilios y sobre como pedir ayuda en caso necesario.
5. El operador de cada máquina recibirá completa instrucción sobre las operaciones de mantenimiento que sean de su directa responsabilidad. En particular, sobre

las operaciones de mantenimiento de ciclo diario y semanal y sobre todas aquellas que haya de realizar él mismo.

6. Los manuales de utilización y mantenimiento de la maquinaria son elementos del sistema de prevención y han de estar a disposición de los usuarios y de las autoridades competentes en materia de seguridad laboral.

7. Las explanadas de trabajo se dimensionarán de forma que las maniobras de las máquinas móviles se realicen manteniendo una distancia de seguridad compatible con la cinemática de la máquina y la circulación de personal y de otras máquinas.

8. El área de trabajo de las máquinas se mantendrá lo más plana posible, con el fin de disminuir la fatiga por vibraciones y facilitar las operaciones propias de cada máquina.

9. El operador de la máquina conocerá el área de trabajo, obstáculos, visibilidad y cualquier otro factor que incida en las condiciones de trabajo. Esto requiere la inspección previa del entorno próximo de trabajo antes de iniciar la operación propia de la máquina, con el fin de evitar cualquier factor sorpresa.

10. El acceso a las máquinas se realizará con el calzado limpio de barro, grasas o aceite, atendiendo a la posible presencia de estos elementos sobre los estribos y escalas de acceso, manteniendo siempre tres puntos de apoyo y dando frente a la máquina. No se saltará sobre la máquina ni se utilizarán los mandos como asidero.

11. No se permite la presencia en las máquinas de otra persona distinta del operador adecuadamente calificado y capacitado, con la excepción, en su caso, del acompañante del conductor de camión y siempre que exista un asiento específico para dicho puesto.

12. Antes de proceder a la puesta en marcha se prestará atención a la existencia de notas de advertencia.

13. Sin perjuicio de las instrucciones del fabricante, antes de comenzar el trabajo se realizará una inspección visual de la máquina, que comprenderá, al menos, las estructuras de protección, resguardos de partes móviles, niveles de combustible, aceite, hidráulicos y agua, alumbrado u luces de emergencia, bocina y alarma de retroceso, espejos retrovisores, presencia de piezas o elementos sueltos, goteos de líquidos, fisuras o roturas de elementos estructurales y estado de las piezas de desgaste.

14. La operación de puesta en marcha se realizará de acuerdo con las instrucciones del manual de la máquina.

15. Antes de iniciar el movimiento de la máquina se atenderá a que no exista presencia de personas en el entorno próximo de la máquina. Se avisará al resto del personal del inicio del movimiento haciendo sonar la bocina.

16. Durante la operación de la máquina, el operador permanecerá sentado, con el cinturón de seguridad abrochado y la puerta ajustada correctamente en posición cerrada.

17. Durante el desplazamiento y maniobra de las máquinas se atenderá a la señalización y a la distancia de seguridad a otras máquinas. Se cederá el paso a las máquinas cargadas. Se ha de observar la zona trasera antes de iniciar el retroceso de una máquina, activando la correspondiente señal acústica. Se ha de adecuar la velocidad a las condiciones particulares del terreno.

18. Si, en situaciones de emergencia, fuera necesario estacionar en áreas distintas de las definidas a tal efecto, se señalizará con banderolas u otros elementos previstos a tal efecto.

19. La operación de parada de la máquina se realizará de acuerdo con las instrucciones del manual de utilización.

20. El abandono de las máquinas se realizará manteniendo medidas análogas a las especificadas para el acceso.

21. Las operaciones de mantenimiento diario y semanal, estipuladas en el manual de la máquina, que son realizadas normalmente por el operario de la máquina se han de ejecutar con la máquina parada en el área de estacionamiento y con las herramientas adecuadas. Se observarán, además de lo estipulado en el manual de mantenimiento, las medidas de prevención que se señalan a continuación.

- Los implementos se mantendrán apoyados en el suelo o rígidamente calzados con tacos de madera. Nunca se confiará su sustentación al sistema hidráulico.

- Si fuera necesario mantener el motor arrancado, actuará un segundo operador de la máquina, que se mantendrá en el puesto de conducción de la máquina y actuará como subordinado del primer operario. Se mantendrán los frenos bloqueados y todos los mandos se situarán en posición de punto muerto.

- No se permite fumar durante las operaciones de mantenimiento.

- Durante la operación de mantenimiento se colocará una etiqueta de advertencia en el puesto de mando de la máquina.

–En particular, se ha de prestar especial atención y seguimiento de las instrucciones del fabricante cuando se opera sobre sistemas hidráulicos presurizados, baterías de acumuladores, circuito de refrigeración, sistema eléctrico y partes móviles.

22. El repostado de las máquinas se realizará con el motor parado, en ausencia de chispas, llama desnuda o cualquier otra fuente de ignición. No se permite fumar durante la operación de repostado, la cual se ajustará a las instrucciones del manual de la máquina.

3.4.2. Abatimiento de elementos o partes inestables.

Para el abatimiento de elementos que presenten síntomas de inestabilidad se operará atendiendo a las indicaciones siguientes:

1. Las operaciones de saneo se han de desarrollar siempre de modo cuidadoso, sin prisas y con las áreas peligrosas libres de personal o maquinaria distinta de la pala retroexcavadora.
2. El saneo se efectuará siempre con la máquina bien estabilizada, sobre el suelo. Si fuera necesario construir rampas para aumentar la altura de alcance, se construirán de modo que, una vez elevada la máquina, quede en condiciones de estabilidad garantizada y a salvo de la posible caída de materiales.
3. Se actuará siempre en sentido descendente, nunca descalzando materiales o formandotaludes inversos.
4. Las masas inestables se atacarán en sentido oblicuo, evitando siempre colocar la máquina en la trayectoria probable de la caída de dichos materiales.
5. En ningún caso bajará el operario de la máquina a examinar la zona de saneo, hasta que no dé por finalizada la tarea y entienda que la masa ha sido estabilizada.
6. Las operaciones de saneo no se interrumpirán, salvo por causa de fuerza mayor, hasta que se logre la estabilización completa de los elementos inestables.
7. Las operaciones de saneo se realizarán siempre en condiciones de buena visibilidad. Si no se dan condiciones de buena visibilidad se señalará la zona peligrosa, parando dicho frente hasta que se den las condiciones adecuadas.
8. Las operaciones de empuje sobre masas inestables se realizarán aplicando dicho empuje por encima del centro de gravedad de la masa.

3.4.3. Perforación de Barrenos.

El personal de perforación ha de estar debidamente formado en sus tareas y conocer el manual de operación y mantenimiento de las máquinas utilizadas, antes de comenzar a operar con la misma. En ningún caso se utilizará las máquinas fuera de las limitaciones indicadas por el fabricante.

Antes de comenzar los trabajos de perforación, el perforista realizará un examen previo de los equipos, asegurándose de que todo funciona correctamente y no existen roturas de partes estructurales, desgastes anormales, goteo de hidráulicos o cualquier otra circunstancia que introduzca factores de riesgo. En caso contrario, adoptará las medidas pertinentes, solucionando las deficiencias para las que se encuentre capacitado o advirtiéndolo al responsable inmediato.

Antes de comenzar los trabajos de perforación, el perforista realizará un examen previo del entorno de trabajo, asegurándose de la estabilidad de los elementos de

trabajo en altura. No se permiten trabajos de perforación manual sobre escaleras de mano.

Comprobará, además, el marcado previo del esquema de voladura y se asegurará de los valores de los parámetros del esquema, diámetro de perforación, longitud de barreno, etc.

3.4.4. Uso y manipulación de explosivos.

Personal.

En relación con la seguridad de las operaciones que implican el uso y manipulación de explosivos, es extremadamente importante la formación y características del personal involucrado, así como el cumplimiento de una serie de medidas de seguridad elementales que deben ser cuidadosamente respetadas. Estas medidas son las siguientes:

1. Toda persona implicada de cualquier forma en el uso y manipulación de explosivos estará en posesión del correspondiente documento o autorización administrativa que le capacite para desarrollar oficialmente su actividad.
2. Todas las personas implicadas en el uso de explosivos estarán obligadas a cumplir la normativa vigente, tanto oficial como de régimen interno si existiera. Los supervisores velarán por su cumplimiento y corregirán aquellas prácticas que supongan un riesgo de accidente.
3. El personal implicado en el uso de explosivos debe poseer la necesaria experiencia práctica y amplitud de conocimientos con relación a su actividad, así como determinadas características humanas, como entendimiento, sentido común, merecedor de confianza, comportamiento reposado y disciplinado, etc.
4. La formación de personal se realizará de acuerdo con la actividad concreta a desarrollar. Periódicamente se mantendrán reuniones de actualización técnica, y diariamente se impartirán las instrucciones de operación necesarias.
5. La manipulación de explosivos se debe realizar con el mínimo imprescindible de personal autorizado y capacitado. Ello significa que se disminuyen los riesgos de accidente cuanto menos personas están involucradas. El mejor sistema sería el equipo de dos personas.
6. Las operaciones de uso de explosivos deben estar perfectamente sistematizadas y el trabajo a realizar, dividido y concretamente asignado. Todas las personas involucradas conocerán de forma precisa las funciones respectivas, de manera que la operación se desarrolle en términos exactos y ordenados.
7. La supervisión de las actividades de voladura se realizará por personal competente, tanto en el diseño de voladuras y uso de explosivos, como en la dirección de personal.

8. No se permitirá manipular explosivos a personas bajo los efectos del alcohol, drogas o incapacidad de cualquier tipo.

9. Las dudas que puedan surgir en cuanto a la utilización de explosivos, accesorios y máquinas serán consultadas a los fabricantes de forma que las operaciones se desarrollen con la mayor seguridad posible.

Medidas de seguridad previas en al área de voladura.

Se entiende por área de voladura no sólo aquella donde están emplazados físicamente los barrenos a volar, sino en la que potencialmente se puedan producir daños personales o materiales. Su extensión se fijará de acuerdo con la experiencia previa y el adecuado coeficiente de seguridad.

El diseño de la voladura, previo a la perforación y carga de los barrenos, se ha de tomar en consideración los siguientes aspectos de cara a optimizar todas las etapas de la operación de voladura en condiciones de máxima seguridad:

1. Inspección del área de voladura para limpieza de materiales sueltos existentes en superficie, cables eléctricos, así como posibles barrenos anteriores fallidos.
2. Establecimiento de la señalización adecuada, en el área de voladura para impedir el paso o presencia de maquinaria o personas no autorizadas.
3. Depositar en el tajo de voladura, previamente a la llegada de explosivo, todos los materiales necesarios para la preparación de la misma.

Medidas de seguridad en la carga de barrenos.

Como medidas generales de seguridad en la manipulación de explosivos para la carga de barrenos se recomiendan las siguientes:

1. En la apertura de envases de explosivos se prohíbe el uso de herramientas metálicas que puedan producir chispas.
2. No se permitirá fumar ni disponer de elementos productores de llama en el entorno de cualquier punto donde haya materiales explosivos.
3. Los explosivos destinados a la preparación de la voladura serán descargados en lugares secos, alejados de fuentes de calor, aceites o combustibles.
4. El personal no acarreará materiales explosivos en sus bolsillos o ropa personal.
5. El personal se mantendrá alejado de los explosivos y sus accesorios cuando se acerque una tormenta y durante la misma.
6. No se usarán materiales explosivos, accesorios o equipos que estén deteriorados.
7. Las operaciones de voladura se realizarán con luz de día y margen de tiempo en previsión de posibles retrasos.

Medidas de seguridad en la preparación del cebo.

Se define el cebo como aquella parte de la carga de explosivo que contiene el elemento iniciador del resto de la carga con la cual se halla en contacto.

Considerando la importancia que desempeña la correcta preparación del cebo en el éxito de una voladura de demolición se recomiendan las siguientes medidas de seguridad:

1. La preparación y colocación del cebo se realizará de acuerdo con la reglamentación existente y las instrucciones del fabricante.
2. Se asegurará el correcto posicionado y amarre del detonador o cordón detonante al cartucho cebo.
3. La inserción del detonador o cordón detonante en el cartucho se realizará con la herramienta autorizada, que será de madera, latón o aluminio.
4. La manipulación del conjunto cebo - iniciador se realizará con la máxima seguridad, sin someter a los cables del detonador, al cordón detonante y a sus conexiones, a tensiones peligrosas ni golpes de ningún tipo.
5. Se prepararán los cartuchos cebo estrictamente necesarios para la voladura, y en todos los casos alejados de mayores cantidades de explosivo.

Medidas de seguridad durante la carga de barrenos.

1. Se adecuará el diámetro del explosivo a utilizar con el del barreno, de acuerdo con la calidad del hormigón y estado del mismo.
2. Previamente a la carga de cada barreno, inspeccionar cuidadosamente su estado y longitud con un atacador y cinta métrica.
3. El emboquille del barreno se limpiará de detritus de modo que impida posibles atranques. Si en la columna del barreno existiera alguna obstrucción, se limpiará con una cucharilla.
4. Antes de comenzar la carga, el barreno deberá encontrarse a temperatura ambiente, por tanto no se cargará un barreno recientemente perforado.
5. El cartucho cebo se introducirá, con las máximas precauciones para evitar su atranque, ya que se inutilizará la parte inferior del barreno. En caso de atranque, no se intentará perforar la obstrucción o forzar el descenso del cartucho atrancado.
6. La carga posterior al cartucho cebo se realizará evitando golpear el mismo.
7. Cuando se inicie un barreno con cordón detonante, éste se cortará a la longitud necesaria, una vez introducido el cebo y antes de colocar el resto de la carga del barreno.
8. La carga del barreno se realizará de acuerdo, estrictamente, con las cantidades previamente calculadas.

9. Todos los procedimientos de carga y conexiones se realizarán de acuerdo con la legislación vigente y recomendaciones del fabricante.

10. El explosivo existente en el tajo de carga será el estrictamente necesario para la voladura.

11. Todo el explosivo sobrante, una vez finalizada la carga, será destruido de acuerdo con las medidas estipuladas.

Medidas de seguridad en el retacado de barreno.

1. El retacado o confinado de explosivos en el barreno se realizará con tacos de arcilla.

Medidas de seguridad en la preparación de las pegas electrónicas.

Las medidas de seguridad recomendadas en la utilización de detonadores electrónicos son las siguientes:

1. No mezclar en un mismo circuito detonadores electrónicos de distintos fabricantes ni de diferentes características, aun siendo de la misma procedencia.

2. Los detonadores electrónicos y línea general de tiro se verificarán previamente a su instalación con un comprobador homologado y adecuado a tal función, siempre de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

3. Los extremos de los hilos del detonador y línea de tiro se mantendrán en cortocircuito hasta que la voladura esté preparada para su disparo.

4. En caso de proximidad de tormenta o durante la misma, se paralizarán las operaciones con explosivos y accesorios, y se evacuará la zona.

5. Los circuitos y conexiones de disparo se mantendrán totalmente aislados de tierra u otros conductores, cables eléctricos de cualquier tipo, tomas a tierra, portadores de corrientes parásitas o partes metálicas, y en cualquier caso con los terminales en cortocircuito hasta que todo esté preparado para la conexión final.

6. Antes de realizar las conexiones de los terminales de los cables que conforman el circuito de disparo, se verificará su limpieza y carencia de óxido y una vez conectados se protegerán adecuadamente, quedando completamente aislados sin contacto con el terreno.

7. El personal que realice las operaciones de colocación de detonadores y conexionado de la voladura estará provisto de la vestimenta apropiada, de características antiestáticas.

8. La línea general de disparo se comprobará e inspeccionará en prevención de fallos de aislamiento o interrupciones de circuito y se extenderá con los terminales del lado del explosor en cortocircuito.

9. Las características electrónicas de la línea general y explosor estarán de acuerdo con el tipo y número de detonadores a utilizar, así como con las especificaciones de uso establecidas por el fabricante.

10. Una vez realizadas las conexiones entre detonadores y con la línea general, se realizará la comprobación del circuito desde el lugar de disparo, manteniéndose en cortocircuito hasta el momento del disparo.

11. Los equipos de comprobación y disparo serán revisados periódicamente por el fabricante o laboratorio debidamente autorizado, así como la reparación de cualquier avería que pudiera producirse.

Medidas de seguridad relativas a la iniciación de pegas.

1. En el caso de iniciación de pegas con líneas maestras de cordón detonante, éstas se tenderán de forma que se eviten cortes sobre otras líneas o elementos de iniciación.

Preferentemente y en particular si existen problemas de ruido, se cubrirán con tierras todas las líneas y cabos de CD.

2. En particular, si se inician líneas de precorte con CD, seguidas de la destroza, se procederá a cubrir con tierras las líneas maestras de cordón de la línea de precorte.

3. Se evitará prolongar los extremos de CD utilizados en las cañas de los barrenos, reduciendo éste extremo al mínimo e incluso, siempre que sea posible al ras del emboquille del barreno.

4. En ningún caso se abandonarán cabos sueltos de CD sobre el área de voladura. Todos los restos se recogerán y se procederá de acuerdo con lo reglamentado y con este documento.

5. Todos los elementos de iniciación y en particular los sistemas de secuenciación se utilizarán de acuerdo con las instrucciones facilitadas por el fabricante.

6. Cualquier variación de los sistemas de secuenciación sobre los indicados en el proyecto de voladuras ha de ser sometida previamente al criterio del Director Facultativo y ejecutadas de acuerdo con las instrucciones de éste.

Barrenos Fallidos.

La realización de las operaciones de carga y disparo de voladuras de acuerdo con las medidas de seguridad recomendadas anteriormente es la mejor forma de prevenir posibles fallos. En caso de presentarse, el responsable de voladuras deberá tener la experiencia necesaria para resolver el fallo con seguridad y extraer las conclusiones que prevengan su petición.

La recomendación más importante es realizar de nuevo el disparo del barreno fallido en condiciones de seguridad.

1. Se señalará el lugar donde esté situado el barreno fallido, y se mantendrá aislada el área hasta que se eliminen tales barrenos.
2. La inspección y recuperación de barrenos fallidos se realizará con el mínimo de personas posible y bajo la dirección del responsable de voladuras.
3. En casos de voladura eléctrica se inspeccionarán los cables y se conectarán y comprobarán desde el lugar seguro, disparándose si ello es posible.
4. Si el barreno ha resultado descabezado y el explosivo de columna está visible, se adosará a la carga un cartucho cebo y, una vez retacado, se disparará con las precauciones debidas.
5. La perforación de otro barreno a distancia no inferior a diez veces el diámetro de perforación sólo se realizará si no se ha utilizado explosivo a granel o introducido con cargadora, de acuerdo con la normativa vigente.
6. Con preferencia, los nuevos barrenos se perforarán por delante o en el mismo plano paralelo al frente del barreno fallido. En cualquier caso es una operación peligrosa que sólo debe realizarse como último recurso.
7. Cuando exista la sospecha que hay explosivo no detonado en la pila de material volado, el personal que tenga relación con el desescombros, remoción del mismo o se halle próximo, estará al corriente de esta circunstancia y actuará con las máximas precauciones bajo la supervisión del responsable de voladuras. En esta situación es recomendable el riego de la voladura o de los explosivos que puedan aparecer, antes de su retirada y posterior destrucción.

Destrucción de Explosivos.

La necesidad de recurrir a la destrucción de explosivos o accesorios puede originarse como consecuencia de un almacenamiento o manipulación inadecuados y consiguiente rotura de los envases y derrame del contenido de los mismos, también como consecuencia de sobrantes de voladura y, finalmente, en caso de deterioro de los constituyentes de un explosivo. Esto último representa una situación más peligrosa que si se tratase de explosivos en buenas condiciones, por lo que se extremarán las medidas de seguridad.

En todos los casos que resulte necesario destruir explosivos o accesorios, se realizará de acuerdo con las especificaciones establecidas por el fabricante, y ante cualquier duda se recabará su asesoramiento. Los procedimientos de destrucción son por combustión, explosión y destrucción química, este último escasamente utilizado.

En la destrucción de explosivos por combustión se seguirán las siguientes recomendaciones básicas:

1. Distancias mínimas de seguridad frente a personas o instalaciones según tablas de los fabricantes.
2. El personal implicado en las operaciones de quema de explosivos estará en lugar seguro antes de que comience la combustión de los mismos.
3. La separación de las pilas será la necesaria para evitar su propagación.
4. La destrucción por explosión se realizará preferentemente confinando el explosivo en un barreno, bajo el agua o recubierto con arena, con iniciación eléctrica y extremando las medidas de seguridad.
5. Cuando la destrucción se realice por combustión, ésta se realizará individualmente para cada tipo de explosivo, y se revisará detalladamente de forma que no existan detonadores incluidos en algún cartucho.
6. La destrucción de explosivos por combustión se realizará en filas convenientemente separadas y extendidas, en cantidades inferiores a 15 kg por cada una.
7. El explosivo a quemar se extenderá sobre un lecho de material seco y fácilmente combustible, en altura inferior a 25 mm, evitando en todo momento la formación de puntos calientes o posible sobrecalentamiento del explosivo en combustión. Cada emplazamiento sólo se utilizará una vez.
8. No se quemarán explosivos en sus cajas o embalajes. La combustión de estos últimos se realizará al aire libre, aplicando las mismas medidas de seguridad que para los explosivos.
9. La destrucción de detonadores puede hacerse, bien introduciéndolos en la carga de columna de un barreno, bien en un hornillo excavado en el terreno, adosados a un cartucho cebo y cubierto de arena. En este último caso se tomarán precauciones ante posibles proyecciones de metralla

3.4.5. Medios de protección personal.

Los equipos de protección personal se seleccionan de acuerdo con el RD773/97 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

En relación con la selección de equipos de protección personal hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Riesgos que debe cubrir el equipo.
- Riesgos derivados de la utilización del equipo.
- Posibles riesgos debidos al propio equipo.

Los riesgos que debe cubrir cada equipo se han determinado en los apartados anteriores, sobre identificación y evaluación de riesgos en los puestos de trabajo.

Los riesgos derivados de la utilización del equipo se evitarán siguiendo las medidas de prevención que se indican:

1. Correcta elección del equipo, en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos que ha de evitar. También en relación con el correcto ajuste al usuario y la selección de materiales no alérgenos o compatibles con el mismo.

2. Utilización correcta del equipo, dentro de sus especificaciones y de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Los usuarios han de recibir formación sobre los riesgos que cubre cada equipo y sobre su correcta utilización.

Sobre los riesgos debidos al propio equipo, la prevención se reduce a los puntos siguientes:

3. Correcto mantenimiento de los equipos, en particular sobre la limpieza, desgaste y deterioro de los mismos. Todo equipo cuyo estado, por deterioros, desgastes o envejecimiento, ponga en duda su eficacia ha de ser inmediatamente sustituido.

4. No se ha de utilizar un equipo de protección cuando el uso del mismo pueda ser un factor de riesgo para otra situación de mayor peligrosidad que la cubierta por el equipo.

5. En particular, la utilización de protectores auditivos no está indicada en aquellas tareas en las que se ha de atender a señales de tipo acústico de cualquier naturaleza, incluida la comunicación hablada, de las cuales pueda depender la seguridad de dichas tareas.

En la tabla que sigue se especifican, para cada puesto de trabajo, los elementos de protección personal que forman parte del sistema de prevención.

| PUESTO DE TRABAJO | MATERIAL DE PROTECCIÓN | RIESGOS QUE DEBE CUBRIR |
|---|---|--------------------------|
| Conductor de pala retroexcavadora | Casco protector | Acciones mecánicas |
| | Guantes adecuados | Acciones mecánicas |
| | | Acciones térmicas |
| | Botas de seguridad | Acciones mecánicas |
| | Protectores de las vías respiratorias | Polvo mineral respirable |
| | Gafas protectoras | Acciones mecánicas |
| | | Acciones químicas |
| | Protectores acústicos | Acción del ruido |
| Tapones para los oídos | Acción del ruido | |
| Ropa adecuada | Frío, Calor, Lluvia | |
| Conductor de camión cisterna de repostado | Todas las prendas de protección indicadas además de los especificado en el documento de seguridad y salud general de la empresa de la cual dependan | |
| Conductor de camión cisterna de riego | | |
| Personal de mantenimiento desplazado de la obra | | |
| Transporte externo | | |

3.4.6. Primeros auxilios, evacuación y salvamento.

1. Todos los lugares de trabajo han de ser fácilmente accesibles de modo que las operaciones de evacuación o salvamento no se vean dificultadas en función de dichos accesos.

2. Todos los puestos de trabajo dispondrán de un medio de comunicación, como teléfonos móviles o emisoras, con las limitaciones correspondientes en relación con el uso de detonadores eléctricos, con el fin de solicitar ayuda médica en caso de accidente.

Además, recibirán instrucciones sobre cómo solicitar dicha ayuda. Esta medida de prevención es particularmente importante, ya que en la obra no existen instalaciones fijas ni servicios médicos permanentes.

3. Todos los puestos de trabajo dispondrán de un botiquín para realizar curas de urgencia, con el contenido mínimo siguiente:

- o Agua oxigenada.
- o Alcohol de 90°.

- Mercurocromo.
- Ácido pícrico para quemaduras.
- Compresas de gasas y algodón esterilizadas.
- Vendas de gasa.
- Esparadrapo.
- Torniquetes de goma ancha.
- Vaselina estéril para evitar la adherencia de las vendas.
- Analgésicos.
- Colirios anestésicos.

4. Todos los trabajadores recibirán una formación básica sobre primeros auxilios, de acuerdo con el contenido mínimo especificado en el apartado sobre formación.

Dadas las características de la obra y el reducido número de trabajadores, no es necesario establecer planes de evacuación. Las medidas de prevención indicadas son un complemento de las correspondientes disposiciones de la empresa, en particular en relación con la prestación de servicios médicos.

3.4.7. Situaciones críticas o anormales.

Disposiciones generales.

1. Todo trabajador que advierta un peligro o una situación anormal o potencialmente peligrosa cuya solución no esté prevista dentro de la formación recibida por el mismo, deberá ponerlo inmediatamente en conocimiento del responsable de los trabajos o de su inmediato superior jerárquico.

2. El responsable de los trabajos realizará una valoración preliminar e inmediata de los riesgos presentes. En función del nivel de riesgo estimado ordenará la retirada del personal que pueda estar expuesto a dicho riesgo, de acuerdo, en su caso, con las disposiciones y medios de comunicación, alerta, alarma y evacuación previstas a tal efecto.

3. Una vez retirado el personal de la zona peligrosa o potencialmente peligrosa se aplicarán los procedimientos previstos en cada caso. Estos trabajos se realizarán únicamente con personal experimentado e instruido sobre dichos procedimientos.

4. Si no existen procedimientos previstos ante la situación anormal presente y se estima que el nivel de riesgo es grave o muy grave, se procederá a paralizar los trabajos en toda la zona de influencia del peligro, adoptando las medidas de emergencia necesarias para minimizar las consecuencias que, previsiblemente puedan derivarse del riesgo. El empresario, previa consulta de los responsables de seguridad y de los trabajadores o sus representantes, propondrá un plan de actuación, que deberá ser comunicado a la autoridad minera y sancionado por ésta.

5. Siempre que la situación crítica o anormal producida haya estado asociada a un nivel de riesgo grave o muy grave, se comunicará, dentro de las 24 horas siguientes a la autoridad minera competente. Además, en este caso, se actualizará el ESS mediante las oportunas medidas de prevención que eviten una repetición del riesgo referido y se actualizará la información y, si fuera necesaria, la formación de los trabajadores que puedan verse expuestos a dicho riesgo específico.

Fuegos o incendios de cualquier origen.

La producción de fuegos o incendios es un riesgo de muy baja probabilidad en una obra de estas características, si se tienen en cuenta una serie de medidas de prevención de carácter elemental, principalmente en relación con la utilización de la maquinaria.

1. Estricto cumplimiento de la señalización sobre prohibiciones de fumar, exposición de llama desnuda, inicio de fuegos, etc.
2. Aún en ausencia de señalización, se atenderá a las prohibiciones citadas en todas aquellas situaciones en las que se dé la presencia de combustibles líquidos, gases de baterías, líquidos de arranque en frío, fluidos hidráulicos o desperdicios combustibles, como trapos, papeles, plásticos, etc.
3. Se prohíbe terminantemente fumar, exponer llama desnuda o chispas de cualquier naturaleza durante las operaciones de mantenimiento de las máquinas que son objeto de este documento y en particular durante la operación de repostado o de revisión de baterías de acumuladores. Para otras operaciones de mantenimiento se atenderá al documento general de seguridad y salud de la empresa.
4. Si se utiliza éter o productos que contengan éter para el arranque en frío, no se utilizarán dispositivos de precalentamiento del motor.
5. Se dispondrá de recipientes de basura para los desperdicios alejados de fuentes de calor, llama o chispas y alejados de cualquier otro material inflamable o combustible que pudiera ser almacenado. Se prohíbe arrojar colillas, cigarrillos encendidos u otros elementos que puedan originar fuegos, en el interior de los cubos de desperdicios.
6. Todos los materiales combustibles o inflamables que pudieran ser almacenados estarán alejados de las áreas y frentes activos de trabajo.
7. No se guardarán líquidos inflamables en la máquina, salvo aquellos previstos por el fabricante y de acuerdo con las instrucciones recogidas en el manual de utilización y mantenimiento.
8. Tras las comprobaciones rutinarias del sistema hidráulico se controlarán inmediatamente toda fuga o desperfecto en conductos y racores. Si la operación requiere la intervención de personal especializado de mantenimiento, se dará parte al superior jerárquico.

9. En caso de incendio de las ropas de trabajo se sofocará el fuego mediante tierras de la propia obra o contra el suelo, pero nunca se moverá corriendo.

3.4.8. Control de las condiciones de trabajo.

Condiciones relativas a la seguridad.

Los puntos principales de los que dependen los niveles de seguridad y que se han de mantener controlados son los siguientes:

1. Mantenimiento de la maquinaria. Con la excepción del mantenimiento diario y semanal, consistente en sustitución de piezas o elementos fácilmente reemplazables, comprobación de niveles, repostado y operaciones similares, el mantenimiento se realizará por personal especializado de los talleres de la empresa, en los propios talleres o desplazados a la obra. En todo caso, se realizarán de acuerdo con los períodos e instrucciones señaladas por el fabricante y con repuestos originales siempre que éstos estén relacionados con la seguridad de la máquina. Las operaciones de mantenimiento realizadas sobre la planta se reflejarán en los partes correspondientes, con indicación de los trabajos ejecutados y el visto bueno del responsable de mantenimiento.
2. Control de la estabilidad de la estructura.
3. Adecuación de los equipos de trabajo a las disposiciones establecidas en el Real Decreto 1215/98 sobre condiciones de seguridad de los equipos de trabajo.
4. Formación continua de los trabajadores. Con la periodicidad prevista en el plan de seguridad de la empresa, los trabajadores serán objeto de actualización y repaso de las disposiciones de seguridad que se citan en el apartado sobre formación. En el caso de adquisición de nueva maquinaria o equipos de trabajo de cualquier tipo, los trabajadores afectados directa o indirectamente por los nuevos equipos recibirán la formación e información necesaria para mantener o mejorar el nivel de seguridad.
5. Análisis de incidentes. Todo incidente ocurrido que hubiera podido afectar a la seguridad o salud de los trabajadores será objeto de estudio y análisis por parte de los servicios de prevención. En función de la gravedad potencial del incidente se realizará un informe y se pondrá en conocimiento de la autoridad minera. Del estudio realizado se determinará si es necesario introducir alguna nueva medida de seguridad o por qué ha fallado el vigente sistema de prevención.
6. Los accidentes laborales se comunicarán a la autoridad minera, de acuerdo con la legislación vigente. El análisis de los mismos determinará, si es necesario, las modificaciones adecuadas del plan de prevención.

3.4.9. Formación e información del personal.

El contenido del presente documento ha de ser incluido en el plan de formación e información sobre riesgos y otros aspectos, de acuerdo con las disposiciones vigentes, de acuerdo con los contenidos que se especifican a continuación.

Contenido formativo.

Abarca principalmente aspectos preventivos.

1. Utilización y mantenimiento de maquinaria móvil, de acuerdo con los manuales del fabricante.
2. Utilización y mantenimiento de otros equipos de trabajo (RD1215/97)
3. Normas sobre prevención específica incluidas en este documento
4. Instrucciones de trabajo incluidas en este documento.
5. Utilización y conservación de prendas y equipos de protección personal.
6. Utilización de extintores de a bordo de las máquinas.
7. Conocimientos básicos sobre curas y utilización de los elementos del botiquín de a bordo de las máquinas.
8. Conocimientos básicos sobre actuaciones seguras y primeros auxilios en caso de accidentados.

Los apartados sobre curas, actuaciones con accidentados y primeros auxilios han de ser impartidos por personal sanitario con la debida calificación y cualificación.

Contenido informativo.

Se refiere principalmente a los riesgos existentes en cada punto de trabajo.

1. Riesgos a los que está expuesto cada puesto de trabajo. Esta actuación se extenderá a los trabajadores que accedan a la obra de forma temporal o excepcional. En particular se refiere a los conductores de los camiones de transporte exterior, repostado y riego y a los servicios de mantenimiento que han de ser desplazados a pie de obra.
2. Medios disponibles para pedir ayuda, como radio teléfonos o emisoras, y utilización de los mismos en caso de accidente.



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Trabajo Final de Máster

Proyecto de Demolición de un Edificio

Máster en Ingeniería de Minas

Curso 16/17

3. Planos

Autor: Luis Arenas Nieto

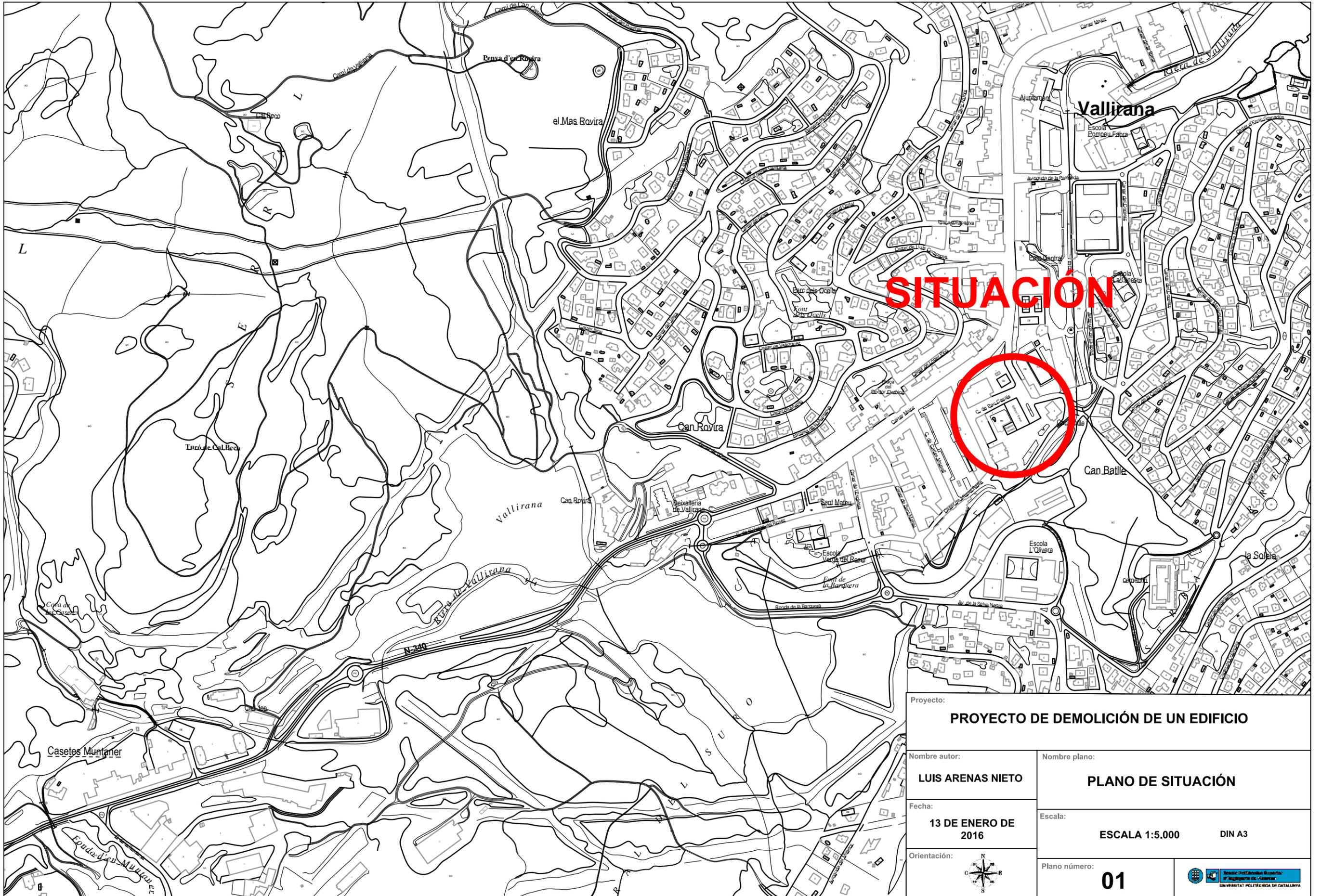
Director: Eduard Cámara

Data: 13-01-2017

Localidad: Manresa

Índice

| | |
|---|-------------------|
| 1. Plano Situación 1:5.000 | Página 2. |
| 2. Plantas: | |
| 2.1 Planta Baja. | Página 3. |
| 2.2 Primera y Cuarta Planta. | Página 4. |
| 3. Planta Pilares: | |
| 3.1 Planta Baja. | Página 5. |
| 3.2 Primera Planta. | Página 6. |
| 3.3 Cuarta Planta. | Página 7. |
| 4. Roturas Mecánicas: | |
| 4.1 Roturas Mecánicas Planta Baja. | Página 8. |
| 4.2 Roturas Mecánicas desde la 1º hasta la 6º | Página 9. |
| 5. Secciones Edificio. | Página 10. |
| 6. Secciones Edificio a Volar | Página 11. |
| 7. Secuencia de Tiempos: | |
| 7.1 Planta Baja. | Página 12. |
| 7.2 Primera Planta. | Página 13. |
| 7.3 Cuarta Planta. | Página 14. |

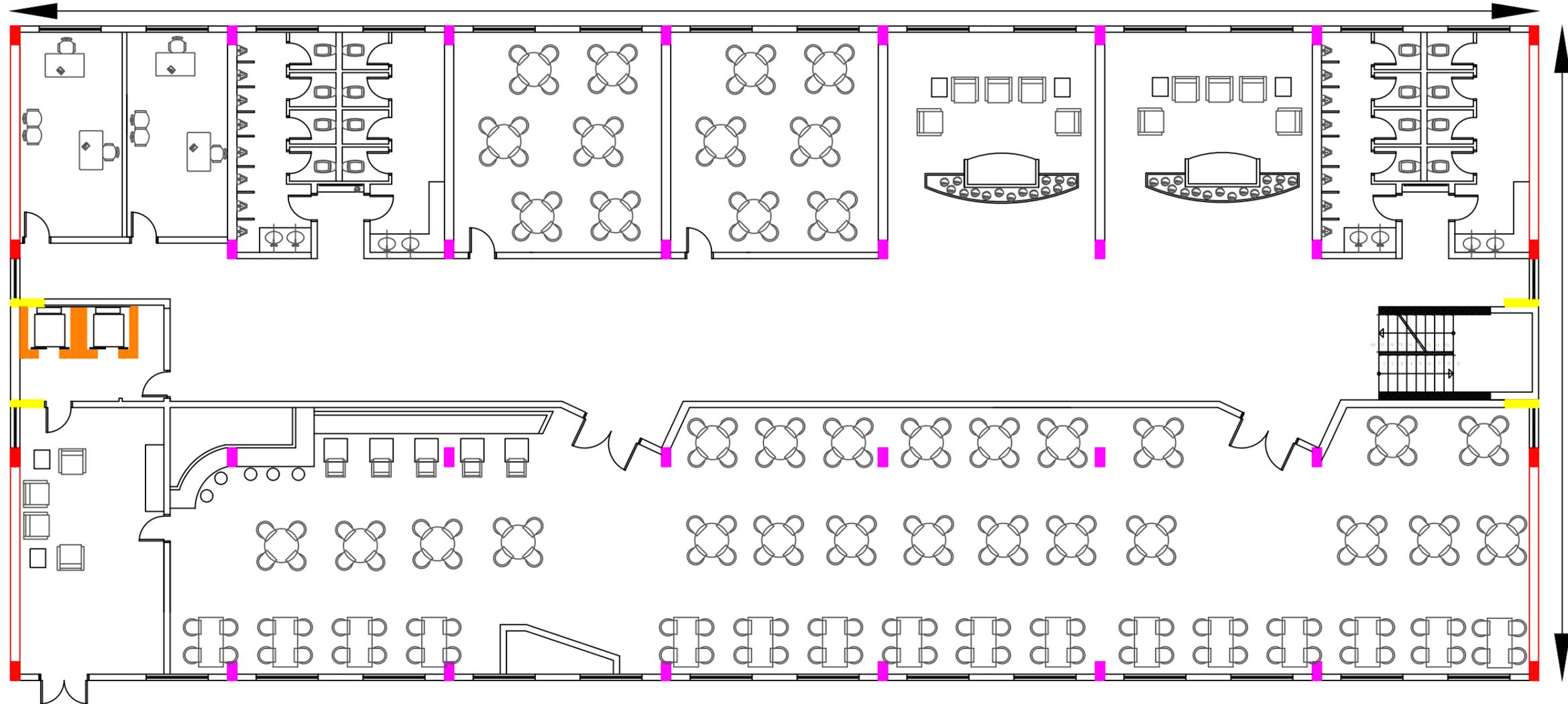


| | |
|---|--|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | |
| Nombre autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre plano: PLANO DE SITUACIÓN |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2016 | Escala: ESCALA 1:5.000 DIN A3 |
| Orientación:  | Plano número: 01 |



49,3 m

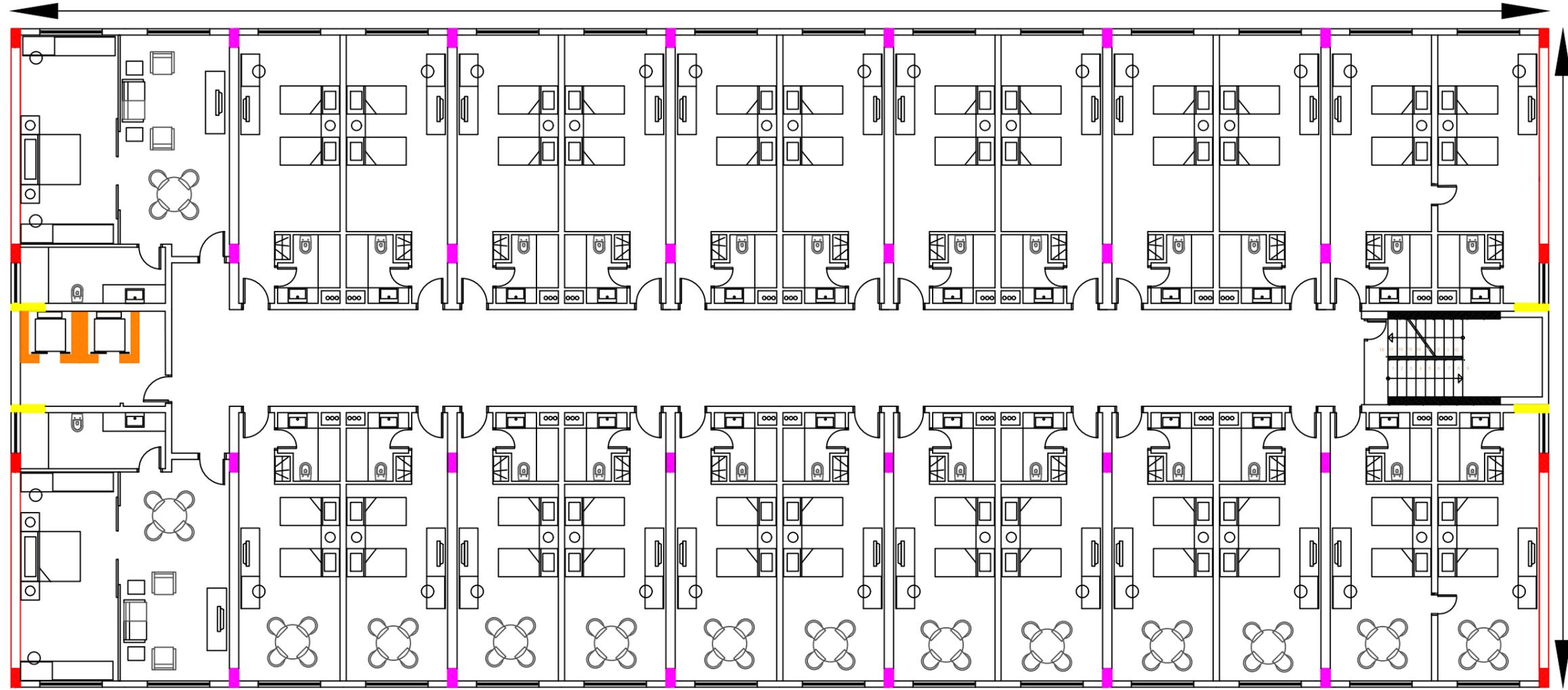
21,1 m



| | | |
|---|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: PLANTA BAJA | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 2.1 | Leyenda: — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

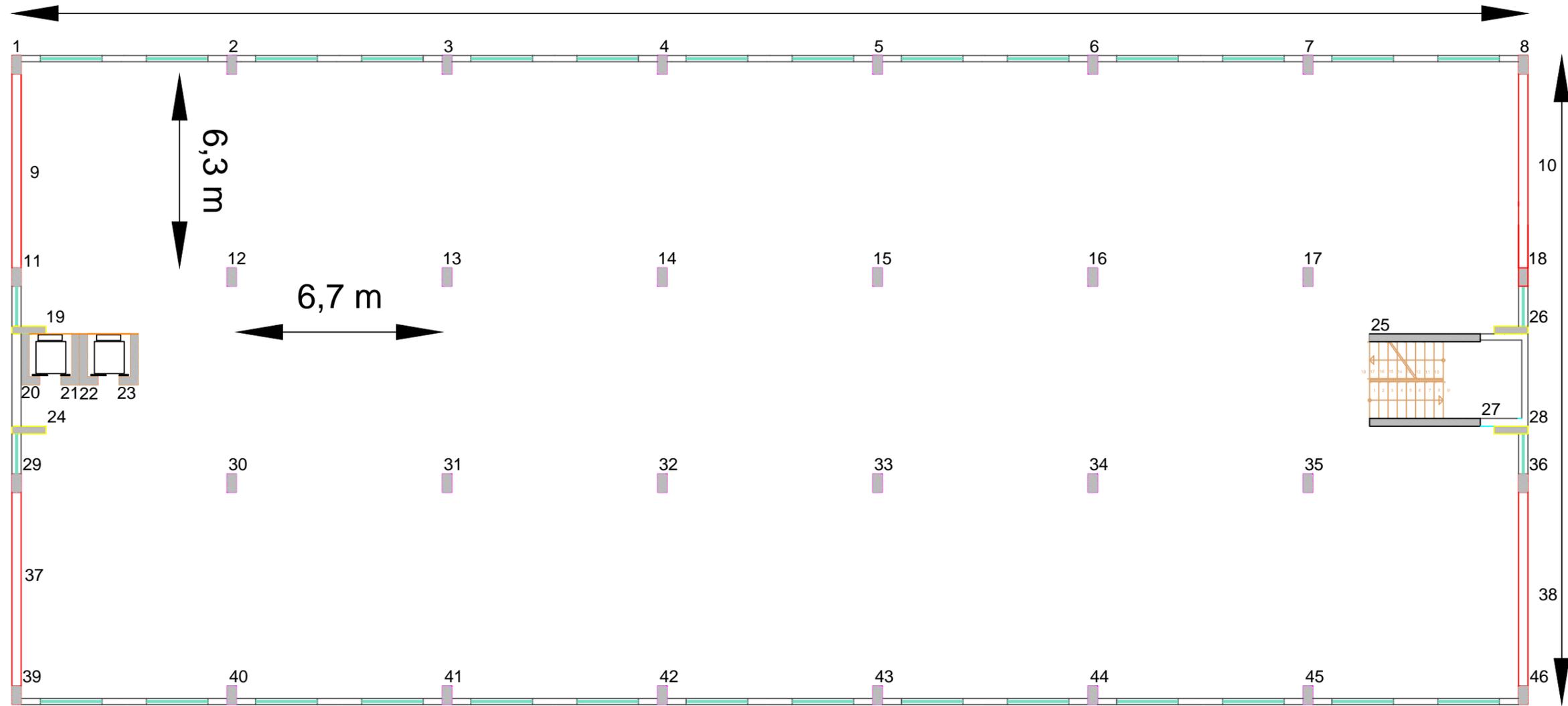
49,3 m

21,1 m



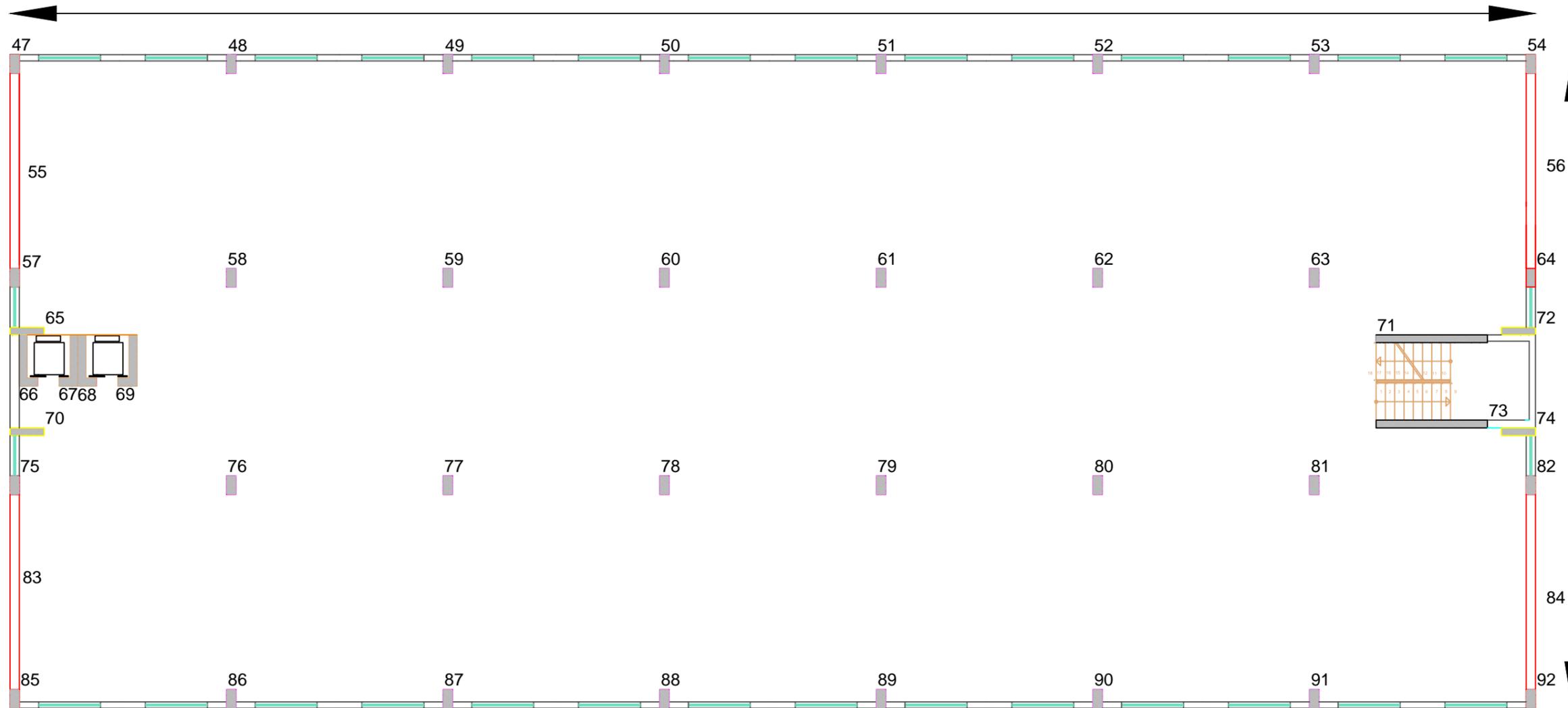
| | | |
|---|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: PRIMERA Y CUARTA PLANTA | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 2.2 | Leyenda: — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

49,3 m



| | | |
|---|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: PLANTA BAJA PILARES | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 3.1 | Legenda: — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

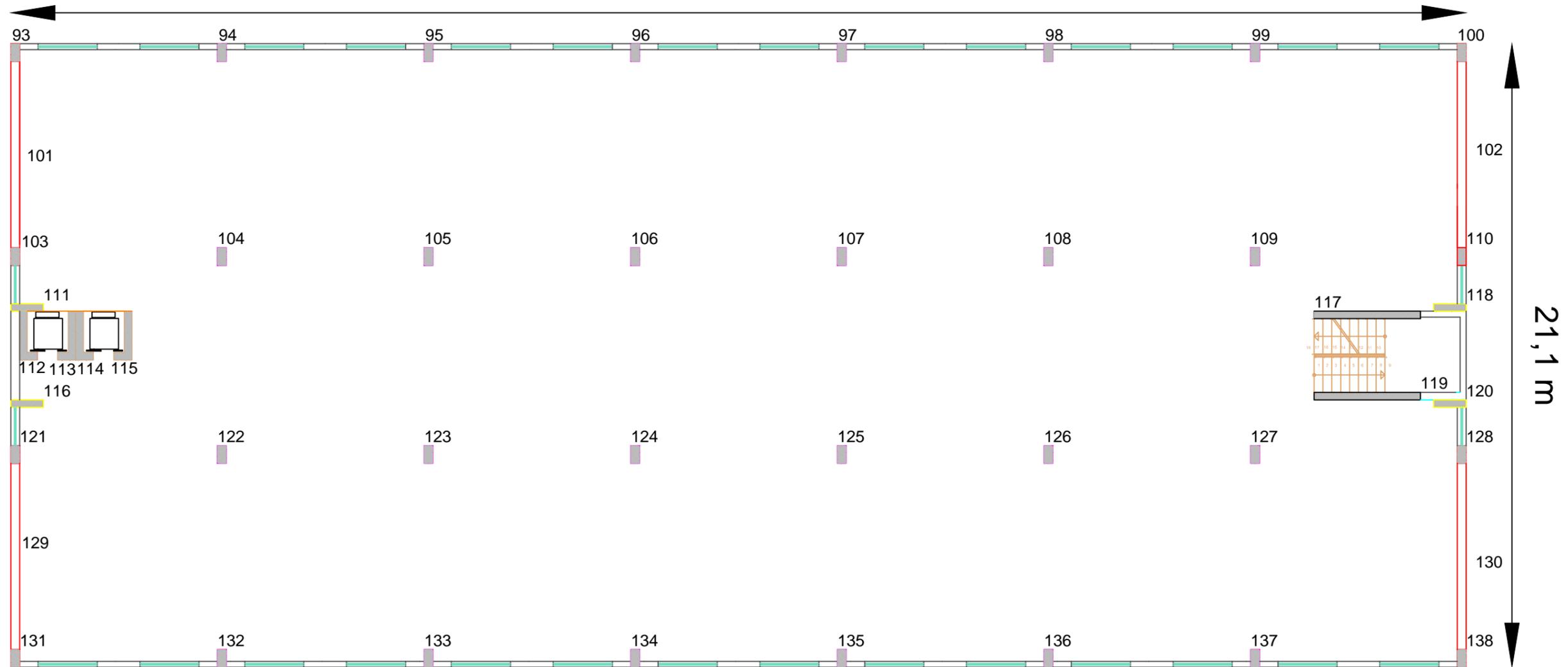
49,3 m



21,1 m

| | | |
|---|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: PRIMERA PLANTA PILARES | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 3.2 | Leyenda: — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

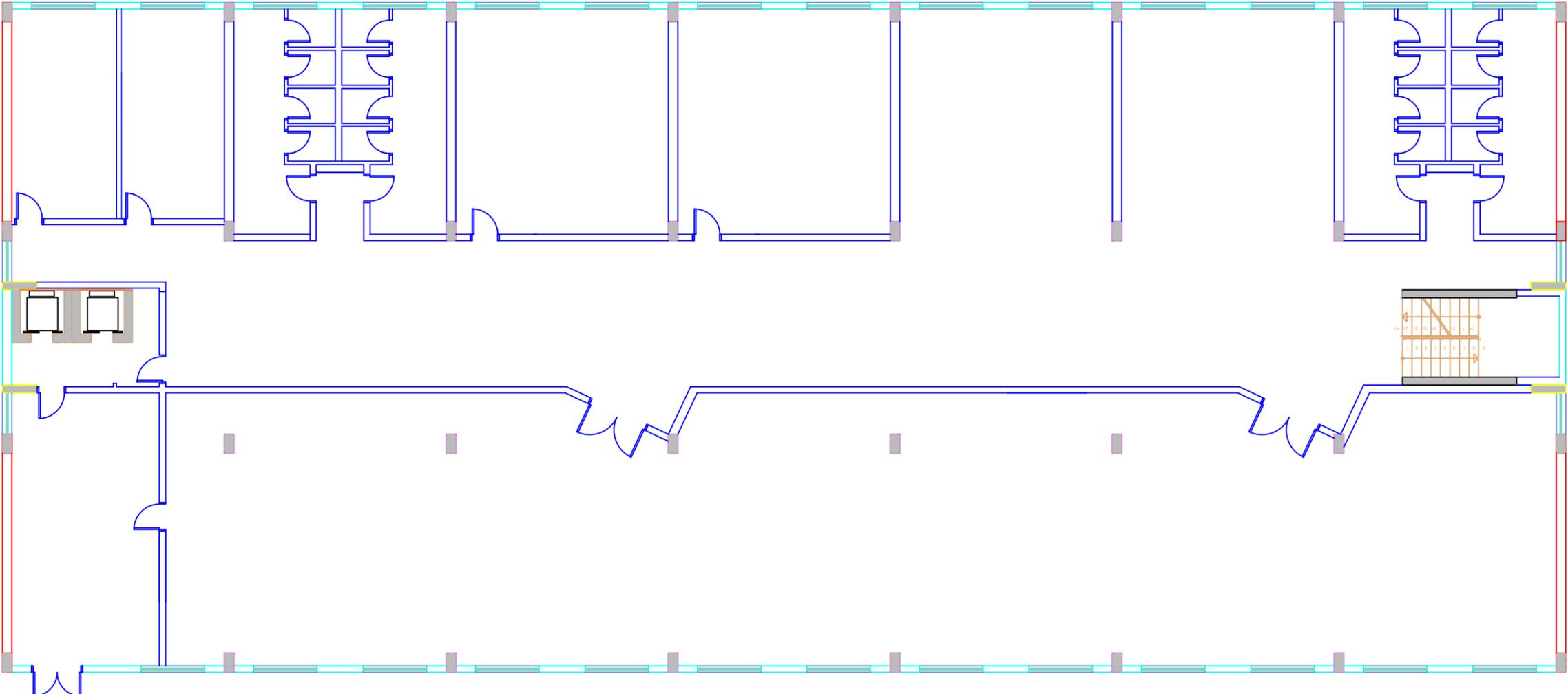
49,3 m



| | | |
|---|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: CUARTA PLANTA PILARES | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 3.3 | Leyenda: — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

49,3 m

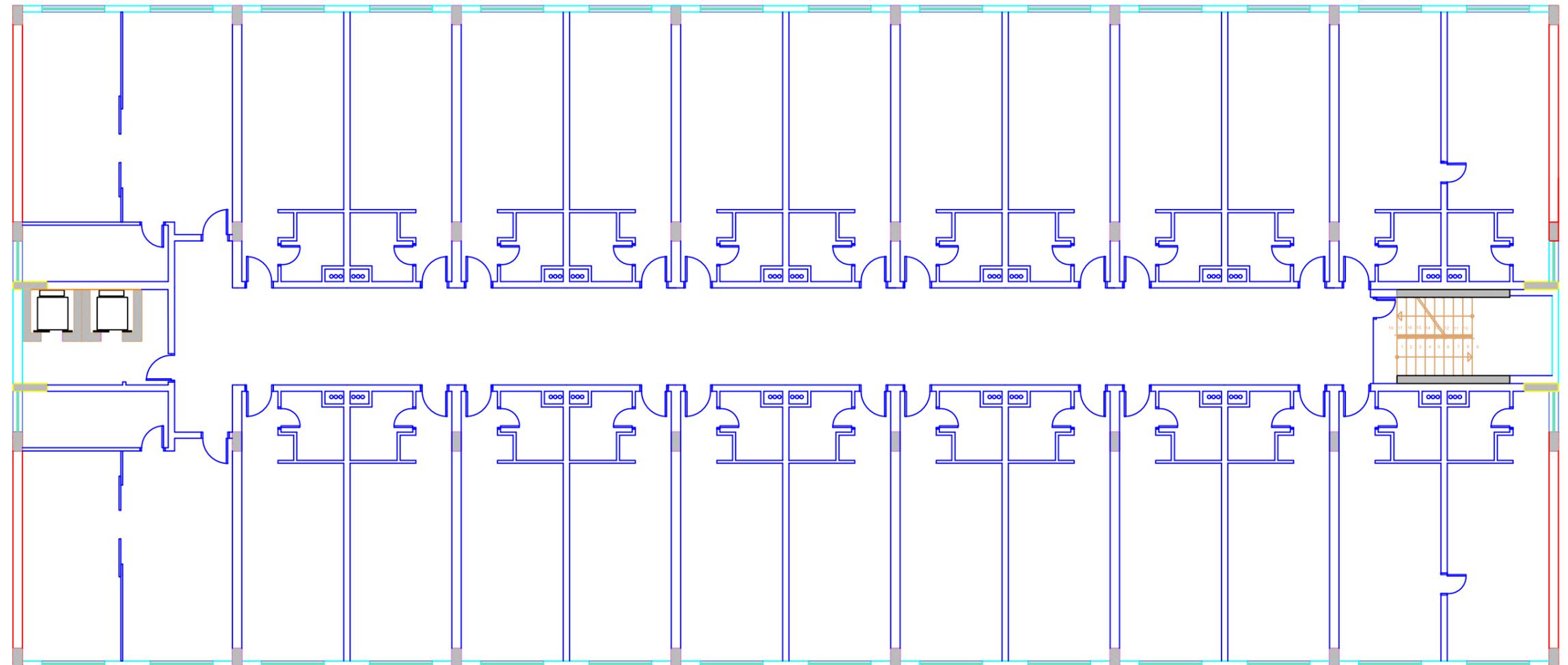
21,1 m



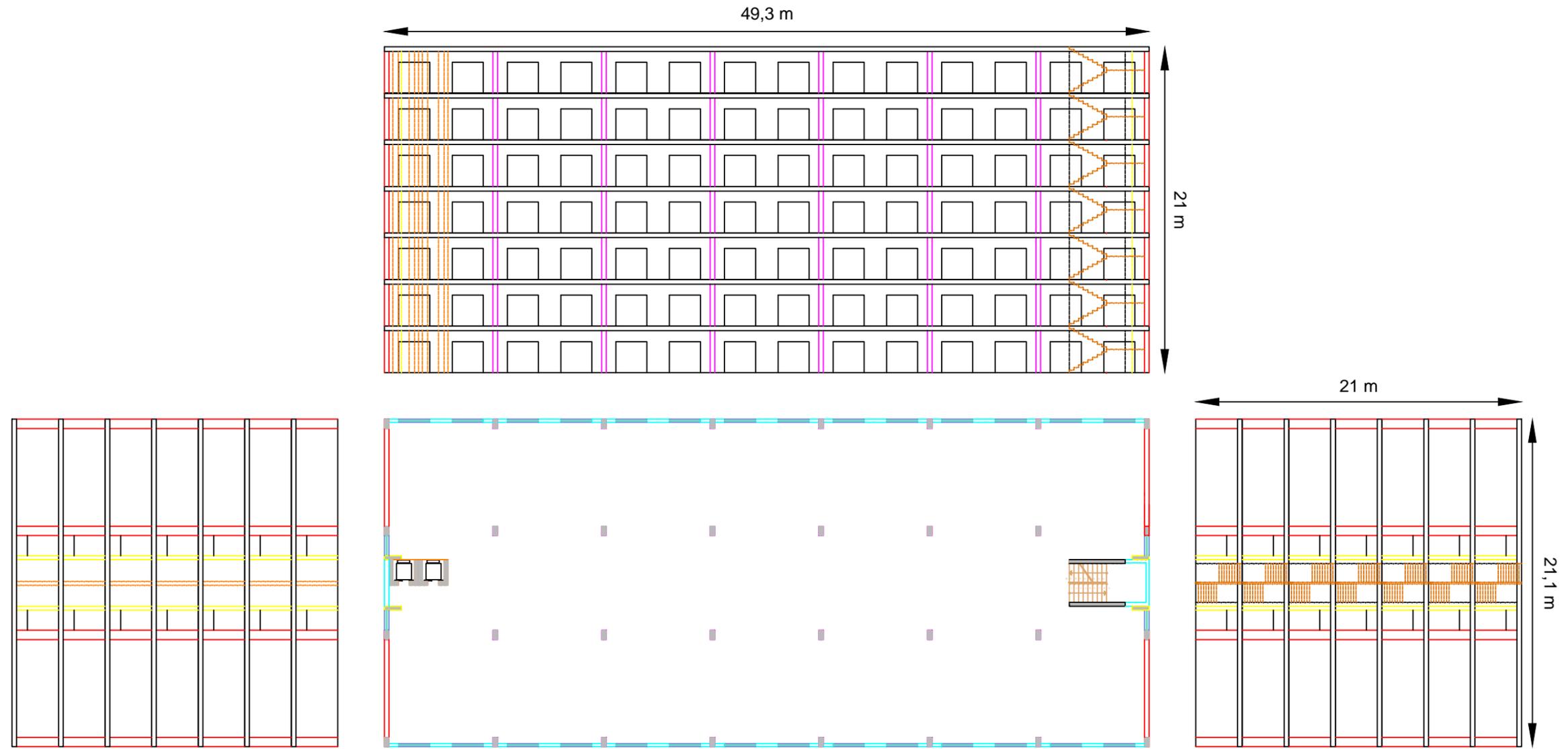
| | | |
|---|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: Roturas mecánicas de la Planta Baja | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 4.1 | Leyenda: — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

49,3 m

21,1 m



| | | |
|---|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: Roturas mecánicas de la 1º hasta la 6º planta | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 4.2 | Leyenda: — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

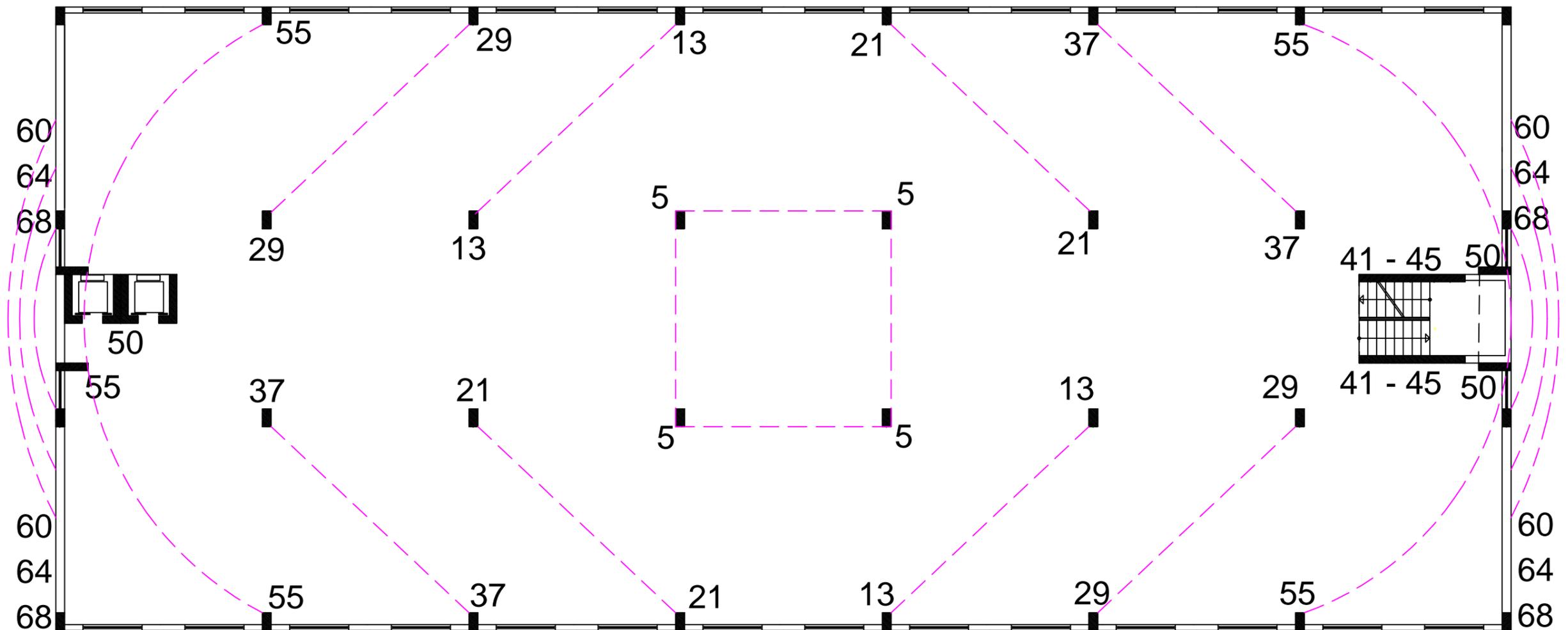


| | | |
|---|--|--|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: SECCIONES EDIFICIO | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 5 | Leyenda: <ul style="list-style-type: none"> — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:300 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

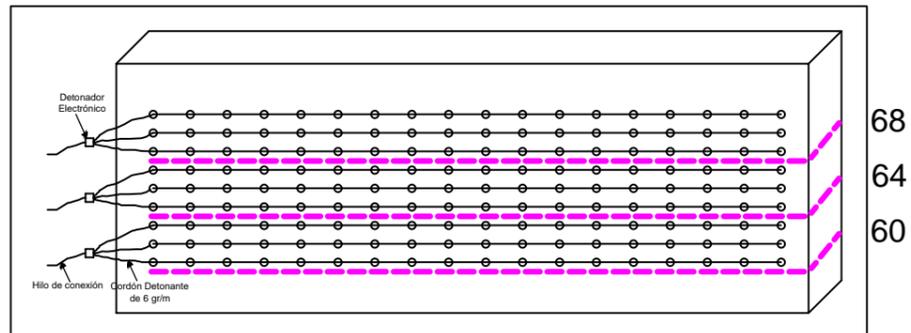


| | | |
|---|---|--|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | | |
| Nombre del autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre del plano: SECCIONES EDIFICIO A VOLAR | |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Plano número: 6 | Leyenda: <ul style="list-style-type: none"> — Básico — Refuerzo — Hueco Ascensor — Muro Escaleras — Muro Exterior |
| Escala: ESCALA 1:300 DIN A3 |  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa | |

Planta Baja



Esquema iniciación Muros de carga Exteriores:



Leyenda:

21 Tiempo de salida del detonador electrónico (ms)

— Lineas isocronas

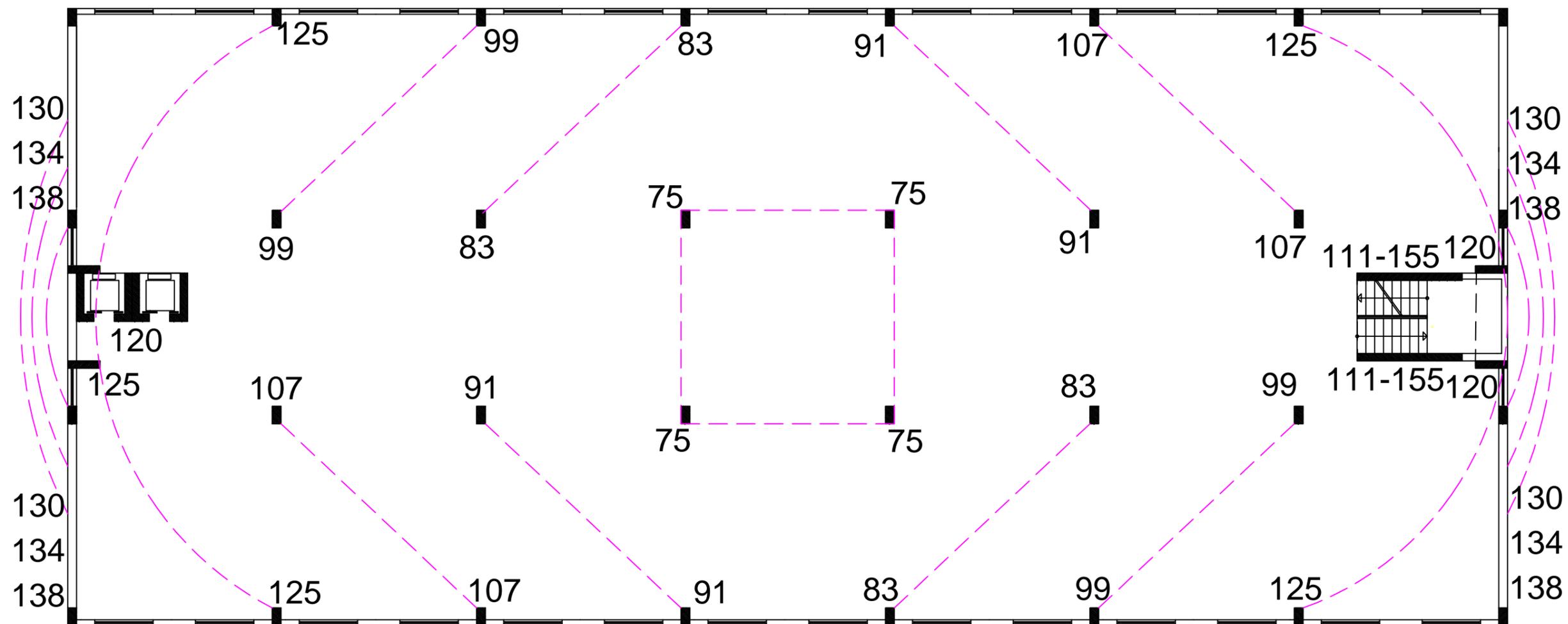
Número total de detonadores en planta baja: 52

Tipo de detonador: electrónico

■ Pilar

| | |
|--|---|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | |
| Nombre autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre plano: TIEMPO DE PROGRAMACIÓN DE DETONADORES (planta baja) |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |
| Orientación:  | Plano número: 7.1 |
|  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA <small>BARCELONATECH</small> <small>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Màquines</small> | |

Primera Planta



Leyenda:

21 Tiempo de salida del detonador electrónico (ms)

— Lineas isocronas

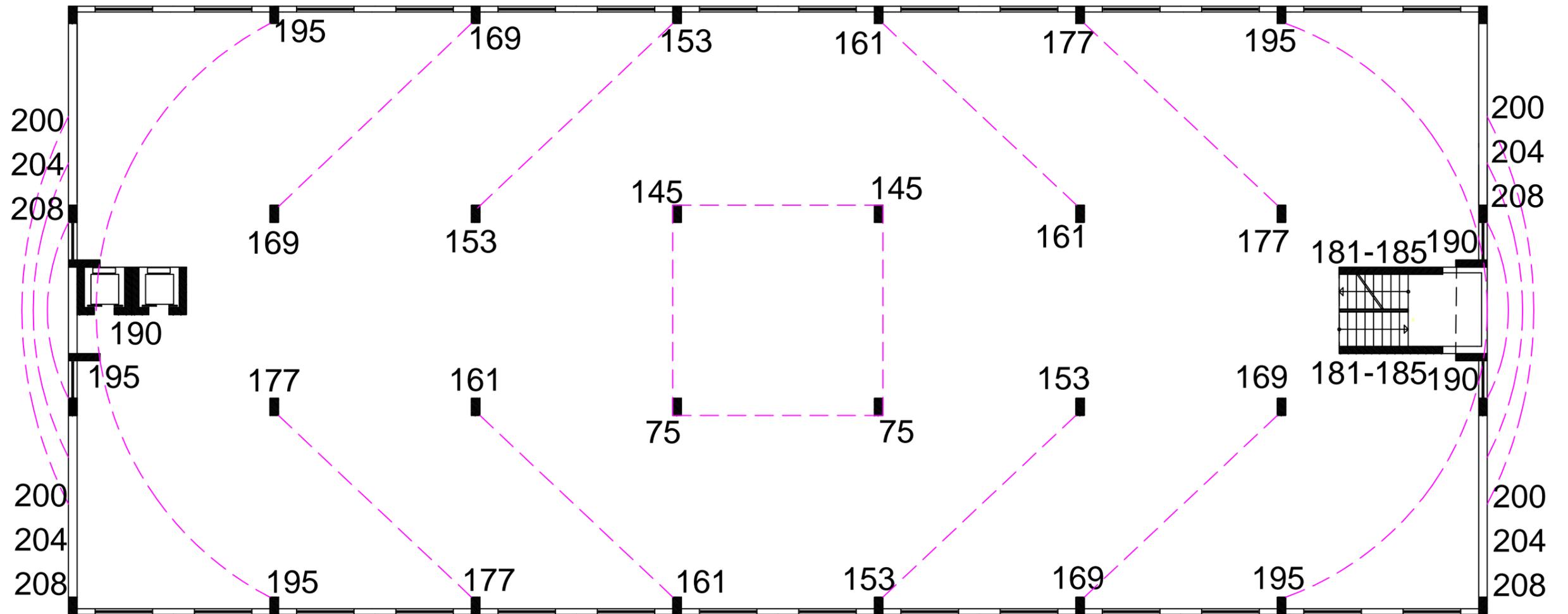
Número total de detonadores en planta baja: 52

Tipo de detonador: electrónico

■ Pilar

| | |
|---|--|
| Proyecto: PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO | |
| Nombre autor: LUIS ARENAS NIETO | Nombre plano: TIEMPO DE PROGRAMACIÓN DE DETONADORES (primera planta) |
| Fecha: 13 DE ENERO DE 2017 | Escala: ESCALA 1:150 DIN A3 |
| Orientación:  | Plano número: 7.2 |
|  <small>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Pública Superior d'Enginyeria de Navarra</small> | |

Cuarta Planta



Leyenda:

21 Tiempo de salida del detonador electrónico (ms)

— Lineas isocronas

Número total de detonadores en planta baja: 52

Tipo de detonador: electrónico

■ Pilar

Proyecto:

PROYECTO DE DEMOLICIÓN DE UN EDIFICIO

Nombre autor:

LUIS ARENAS NIETO

Nombre plano:

**TIEMPO DE PROGRAMACIÓN DE
DETONADORES (cuarta planta)**

Fecha:

**13 DE ENERO DE
2017**

Escala:

ESCALA 1:150 DIN A3

Orientación:



Plano número:

7.3





Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Trabajo Final de Máster

Proyecto de Demolición de un Edificio

Máster en Ingeniería de Minas

Curso 16/17

4. Presupuesto

Autor: Luis Arenas Nieto

Director: Eduard Cámara

Data: 13-01-2017

Localidad: Manresa

Índice

| | |
|---------------------------|-----------------|
| 1. Precios Unitarios..... | Página 2 |
| 2. Rotura mecánica..... | Página 2 |
| 3. Perforación. | Página 3 |
| 4. Explosivos. | Página 4 |
| 5. Accesorios..... | Página 5 |
| 6. Protecciones..... | Página 5 |
| 7. Proyectos..... | Página 5 |
| 8. Resumen. | Página 6 |

1. Precios Unitarios.

En la tabla siguiente (tabla 1) vemos el precio unitario de todos los elementos necesarios para la demolición del edificio L'Escut situado en Vallirana (Barcelona). Estos precios son actuales y en algunos casos se ha consultado a más de una empresa para obtener el mejor precio posible.

| Nombre | Precio (€) | Unidades | Con IVA (€) |
|--------------------------------------|------------|----------|-------------|
| Riodin <45mm | 3,20 | €/kg | 3,87 |
| Cordón Detonante 6 g/m | 0,38 | €/m | 0,46 |
| Detonadores Eléctricos | 35,00 | €/ud | 42,35 |
| Hilo de Conexión | 0,18 | €/m | 0,22 |
| Twin Connectors | 0,50 | €/ud | 0,61 |
| Tacos de Arcilla, 32 mm | 0,18 | €/ud | 0,22 |
| Tacos de Arcilla, 26 mm | 0,15 | €/ud | 0,18 |
| Guías | 20,00 | €/ud | 24,20 |
| Transporte | 500,00 | € | 605,00 |
| Vigilancia | 23,00 | €/hora | 27,83 |
| Alquiler Equipos | 250,00 | € | 302,50 |
| Asistencia técnica | 800,00 | €/día | 968,00 |
| Geotextiles | 0,35 | €/m2 | 0,35 |
| M linela de perforación (Ø=40 mm) | 42,00 | €/m | 42,00 |
| M linela de perforación (Ø=32 mm) | 36,00 | €/m | 36,00 |
| Alquiler Martillo Compresor | 10,50 | €/hora | 10,50 |
| Artillero | 35,00 | €/hora | 35,00 |
| Técnico | 45,00 | €/hora | 45,00 |

Tabla 1. Precios unitarios de los elementos necesarios para la demolición.

2. Rotura mecánica.

En este capítulo hemos contemplado la rotura de las escaleras y de los tabiques que envuelven los pilares a volar de todas las plantas. Se considera que con un compresor de aire comprimido irán 2 martillos neumáticos, tabla 2:

| Tipo | Precio Unitario | Unidad | Uso | Precio Total (€) |
|-----------------------|-----------------|--------|-----|------------------|
| Martillo | 1,50 | €/h | 300 | 450,00 |
| Compresor | 9,00 | €/h | 150 | 1.350,00 |
| Mano de obra | 35,00 | €/h | 300 | 10.500,00 |
| Recogida de escombros | 18,00 | €/h | 300 | 5.400,00 |
| Total | - | - | - | 17.700,00 |

Tabla 2. Coste total de las roturas mecánicas.

3. Perforación.

En este capítulo calcularemos el costo de la perforación de todos los pilares y muros de carga. El precio varía según sea el diámetro empleado y pasa a ser de 36 a 42 €/m.

En la siguiente tabla (tabla 3) detallamos los metros lineales según tipo de pilar y muro:

| Pilar | Ø de Perforación (m) | Longitud del Barreno (m) | Número Barrenos por Pilar | Número de Pilares | Número Barrenos | Longitud Total (m) | Ø=40 (€/m) | Ø=32 (€/m) | Precio total por pilar (€) |
|------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------|------------|----------------------------|
| Básico 1 | 40 | 0,45 | 2 | 48 | 96 | 43,2 | 42 | - | 1.814,40 |
| Básico 2 | 40 | 0,45 | 3 | 24 | 72 | 32,4 | 42 | - | 1.360,80 |
| Refuerzo 1 | 40 | 0,75 | 2 | 8 | 16 | 12 | 42 | - | 504,00 |
| Refuerzo 2 | 40 | 0,75 | 3 | 4 | 12 | 9 | 42 | - | 378,00 |
| Hueco Ascensor Largo 1 | 40 | 1,53 | 2 | 8 | 16 | 24,48 | 42 | - | 1.028,16 |
| Hueco Ascensor Corto 1 | 40 | 0,24 | 2 | 8 | 16 | 3,84 | 42 | - | 161,28 |
| Hueco Ascensor Largo 2 | 40 | 1,53 | 3 | 4 | 12 | 18,36 | 42 | - | 771,12 |
| Hueco Ascensor Corto 2 | 40 | 0,24 | 3 | 4 | 12 | 2,88 | 42 | - | 120,96 |
| Muro Escaleras | 32 | 0,15 | 32 | 6 | 192 | 28,8 | - | 36 | 1.036,80 |
| Muro Exterior | 32 | 0,15 | 162 | 12 | 1944 | 291,6 | - | 36 | 10.497,60 |
| Total | - | - | - | 126 | 2388 | 466,56 | - | - | 17.673,12 |

Tabla 3. Metros lineales a perforar según el tipo de pilar.

En esta tabla (tabla 4) calculamos el coste total de perforación:

| Pilar | Longitud Total (m) | ∅=40 (€/m) | ∅=32 (€/m) | Precio total por pilar (€) |
|----------------|--------------------|------------|------------|----------------------------|
| Básico 1 | 43,2 | 42 | - | 1.814,40 |
| Básico 2 | 32,4 | 42 | - | 1.360,80 |
| Refuerzo 1 | 12 | 42 | - | 504,00 |
| Refuerzo 2 | 9 | 42 | - | 378,00 |
| Hueco Ascensor | 24,48 | 42 | - | 1.028,16 |
| Hueco Ascensor | 3,84 | 42 | - | 161,28 |
| Hueco Ascensor | 18,36 | 42 | - | 771,12 |
| Hueco Ascensor | 2,88 | 42 | - | 120,96 |
| Muro | 28,8 | - | 36 | 1.036,80 |
| Muro | 291,6 | - | 36 | 10.497,60 |
| Total | 466,56 | - | - | 17.673,12 |

Tabla 4. Coste total de la perforación.

4. Explosivos.

Es de destacar en este capítulo que el coste de los detonadores electrónicos supone prácticamente el 60 por ciento del costo total del explosivo empleado. A pesar de ello las ventajas que nos supone el uso de detonadores electrónicos, explicadas detalladamente con anterioridad, compensan de sobra la diferencia con otro tipo de detonadores, tabla 5:

| Tipo | Precio Unitario | Unidades | Uso | Pedido | Precio Total (€) |
|--------------------------|-----------------|----------|----------|----------|------------------|
| Riordin <45mm | 3,87 | €/Kg | 160,76 | 162,5 | 628,88 |
| Cordón Detonante 6 g/m | 0,46 | €/m | 1478,16 | 1500 | 690,00 |
| Detonadores Electrónicos | 42,35 | €/ud | 156 | 170 | 7.199,50 |
| Transporte | 500,00 | €/ud | 1 | 1 | 500,00 |
| Vigilancia | 27,83 | €/h | 96 | 96 | 2.671,68 |
| Guías | 24,20 | €/ud | 1 | 1 | 24,20 |
| Total | - | - | - | - | 11.714,26 |

Tabla 5. Coste total del explosivo a utilizar.

5. Accesorios.

Destaca en este capítulo la asistencia técnica de un técnico de explosivos que nos asesore ante cualquier incidencia que podamos tener con los detonadores electrónicos, tabla 6.

Para esta demolición no compraremos Logger y explosor sino que los alquilaremos.

| Tipo | Precio Unitario | Unidad | Uso | Pedido | Precio Total (€) |
|----------------------------|-----------------|--------|------|--------|------------------|
| Hilo conexión | 0,22 | €/m | 300 | 300 | 66,00 |
| Twin connectors | 0,61 | €/ud | 50 | 50 | 30,50 |
| Tacos de Arcilla, 32 mm | 0,22 | €/ud | 252 | 500 | 110,00 |
| Tacos de Arcilla, 26 mm | 0,18 | €/ud | 2136 | 2150 | 387,00 |
| Alquiler equipos | 302,50 | €/ud | 1 | 1 | 302,50 |
| Asistencia Técnica | 968,00 | €/día | 3 | 3 | 2.904,00 |
| Total | - | - | - | - | 3.800,00 |

Tabla 6. Coste total de los accesorios para la voladura.

6. Protecciones.

En esta partida es de destacar el gasto en mano de obra, ya que colocar las protecciones es una labor entretenida y que se tiene que efectuar con sumo cuidado para que cumpla perfectamente su misión, tabla 7:

| Tipo | Precio Unitario | Unidad | Uso | Precio Total (€) |
|------------------------|-----------------|------------------|-----|------------------|
| Geotextil | 0,35 | €/m ² | 825 | 288,75 |
| Malla Metálica | 0,80 | €/m ² | 825 | 660,00 |
| Mano de Obra | 18,00 | €/h | 240 | 4.320,00 |
| Edificios Afectados | - | - | - | 3.000,00 |
| Total | - | - | - | 8.268,75 |

Tabla 7. Coste total de las protecciones.

7. Proyectos.

Hemos contabilizado un estudio de vibraciones y el coste del proyecto y dirección facultativa, tabla 8:

| Tipo | Precio Unitario | Unidades | Uso | Precio Total (€) |
|------------------------|-----------------|----------|-----|------------------|
| Proyecto y D.F | 12.000,00 | €/ud | 1 | 12.000,00 |
| Estudio vibraciones | 4.000,00 | €/ud | 1 | 4.000,00 |
| Total | - | - | - | 16.000,00 |

Tabla 8. Coste total de los proyectos.

8. Resumen.

El presupuesto total asciende a 65.952,13 € (sesenta y cinco mil novecientos cincuenta y dos euros con trece céntimos), figura 9:

| Operación | Precio (€) |
|---------------------|-------------------|
| Rotura | 17.700,00 |
| Perforación | 17.673,12 |
| Explosivo | 11.714,26 |
| Accesorios | 3.800,00 |
| Protecciones | 8.268,75 |
| Proyectos | 16.000,00 |
| Total | 75.156,13 |

Tabla 9. Coste final del proyecto.