



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA

PFC ENGENIERÍA DE MATERIALES

# Rediseño del Servicio de Difracción de Rayos X de la UAB

MEMORIA

**Autora:** Carolina Blasco María  
**Directora:** Águeda García  
Carrillo  
**Fecha:** Junio 2008

La sotasingnat, Àgueda García Carrillo, Professora de l'assignatura de Projectes, professora invitada del Departament de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona,

FA CONSTAR:

que ha fet seguiment del treball de final de carrera, concloent a la titulació d'Enginyeria de Materials, titulat "Rediseño del Servicio de Difracción de Rayos X de la UAB" de l'alumna Carolina Blasco María i que autoritza la seva presentació i posterior defensa.



Bellaterra, 26 de juny de 2008.

## Sumario

<b>SUMARIO .....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
1.1 Origen .....	4
1.2 Motivación:.....	4
1.3 Objetivos: .....	4
1.4 Alcance del proyecto:.....	4
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tecnología de difracción de rayos X.....	6
2.2 Difractómetros del Servicio .....	7
2.2.1 Existentes en la actualidad .....	7
2.2.2 Pendientes de instalación .....	9
2.3 Ubicación .....	11
2.4. Distribución y espacios actuales del Servicio de Difracción de Rayos X .....	12
<b>3. ESTUDIO DEL SERVICIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X .....</b>	<b>16</b>
3.1 Metodología .....	16
3.2. Presentación del problema .....	18
3.2.1 Restricciones .....	18
3.3. Estudio de Usuarios .....	19
3.3.1 Estudio de los puntos débiles existentes actualmente .....	19
3.3.2 Estudio de las necesidades .....	21
3.4 Estudio de la maquinaria.....	28
3.4.1 Estudio de los puntos débiles existentes actualmente .....	28
3.4.2 Estudio de las necesidades .....	28
3.5 Tabla y diagrama relacional de actividades .....	30
<b>4. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS.....</b>	<b>33</b>
4.1. Propuesta Distribución 1 .....	33
4.2. Propuesta Distribución 2 .....	34
4.3. Propuesta Distribución 3 .....	35
4.4. Propuesta Distribución 4 .....	36
4.5. Propuesta Distribución 5 .....	37
4.6. Propuesta Distribución 6 .....	38

---

4.7. Solución escogida .....	38
<b>5. INSTALACIONES .....</b>	<b>41</b>
5.1. Estudio del Suelo .....	41
5.1.1 Introducción .....	41
5.1.2 Estudio del forjado .....	41
5.1.3 Soluciones propuestas.....	45
5.2. Insonorización .....	48
5.2.1 Introducción .....	48
5.2.2 Propuestas de mejora.....	49
5.2.3 Solución escogida.....	52
5.3. Iluminación .....	57
5.3.1 Introducción .....	57
5.3.2 Propuestas de mejora.....	57
5.3.3 Solución escogida.....	58
5.4. Climatización.....	61
5.5. Instalación de agua .....	63
5.5.1 Introducción .....	63
5.5.2 Recomendaciones de materiales .....	63
5.5.2 Recomendaciones de diseño.....	65
5.6 Seguridad.....	67
5.6.1 Introducción: .....	67
5.6.2 Protección frente a la radiación.....	68
<b>6. CONSIDERACIONES AMBIENTALES .....</b>	<b>70</b>
<b>7. COSTES .....</b>	<b>71</b>
7.1 Coste Realización Proyecto .....	71
7.2 Coste material:.....	72
7.3 Coste Total:.....	72
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>75</b>
Referencias bibliográficas .....	75
Bibliografía complementaria.....	76
<b>RESUMEN.....</b>	<b>77</b>

## 1. Introducción

### 1.1 Origen

Este proyecto surge a causa de la futura ampliación de espacios Servicio del Difracción de Rayos X (SDRX) de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

Esta ampliación servirá para poder instalar nueva maquinaria ya adquirida.

### 1.2 Motivación:

La posibilidad de hacer un proyecto a partir de un caso real en el que se vieran diferentes temáticas en las que puede trabajar un Ingeniero Superior, no sólo las específicas de Ingeniería de Materiales, acabaron de convencerme para su elección.

La ampliación del área disponible para el SDRX con un espacio adyacente al actual y la oportunidad de realizar una reforma integral, permite llevar a cabo un estudio para evaluar las posibles vías de actuación, desde la modernización de las instalaciones existentes hasta la mejor adecuación de los espacios a los usuarios después de un estudio de sus necesidades.

### 1.3 Objetivos:

Este proyecto tiene como objetivo el rediseño del SDRX situado en la Facultad de Ciencias de la UAB para adecuarlo a las nuevas dimensiones espaciales, a las máquinas y a los usuarios.

El objetivo de este proyecto es docente.

### 1.4 Alcance del proyecto:

Para el nuevo diseño del SDRX se utilizarán criterios que atienden a la distribución en planta, condiciones de insonorización, iluminación, climatización y estudio de la estructura.



Este proyecto tendrá validez como proyecto educativo por lo que las decisiones constructivas y estructurales no serán vinculantes.

Se especificarán los requerimientos de agua pero el cálculo de esta instalación no entra dentro del ámbito del proyecto.

## 2. Descripción del Servicio de Difracción de Rayos X

### 2.1 Tecnología de difracción de rayos X

La difracción de rayos X es la técnica más potente de identificación estructural. Consiste en la interacción de un haz de rayos X, de una determinada longitud de onda, con una sustancia sujeta a estudio. El haz se escinde en varias direcciones debido a la simetría de la agrupación de átomos y, por difracción, da lugar a un patrón de intensidades que puede interpretarse según la ubicación de los átomos en el cristal, aplicando la ley de Bragg.

Es una radiación ionizante de alta energía que puede conllevar riesgos biológicos por lo que está sujeta a regulación, su uso está regulado por ley.

Es posible trabajar con monocrstales o con polvo microcristalino, consigiéndose diferentes datos en ambos casos:

La *difracción de rayos X de monocrystal* puede proporcionar información detallada de la estructura tridimensional en estado sólido de muestras cristalinas.

Las muestras han de ser monocrstales homogéneos de un tamaño aproximado de  $10^{-1}$  a  $10^{-2}$  mm.

La principal aplicación de *difracción de rayos X de polvo* es analizar las fases cristalinas que están presentes. La muestra se suele preparar de diferentes maneras, bien rellenando una cavidad o espolvoreándola sobre una superficie (muestra plana) o introduciéndola en tubos capilares, en los que son necesarios menos de 10 mg de muestra.

El instrumento a utilizar para la difracción es el difractómetro el cual consiste en las siguientes partes: un tubo generador de rayos X; una fuente generadora de corriente que debe poder entregar la corriente, un voltaje que debe estar entre 20 y 60 kV; el detector electrónico.

## 2.2 Difractómetros del Servicio

### 2.2.1 Existentes en la actualidad

#### 2.2.1.1 Difractómetros de monocrystal

##### 2.2.1.1.1 Enraf-Nonius CAD4

El detector puntual es un contador de centelleo que mide las reflexiones una por una.



Figura 1. Enraf-Nonius CAD 4

Una de las formas de montaje es fijar el monocrystal en una fibra de cristal fina fijada en la cabeza del goniómetro. Se determinan las dimensiones de la celda elemental y la matriz de orientación usando 25 reflexiones y datos de intensidad de un sistema dado de reflexiones son recogidos automáticamente por el ordenador. La energía máxima es de 2,2 KV.

Se puede trabajar a bajas temperaturas, es posible hacer análisis de los compuestos cuya cristalinidad se deteriora a temperatura ambiente entre otras opciones.

El tratamiento completo de una muestra dura entre dos o tres días.

### 2.2.1.1.2 Bruker SMART Apex

El difractómetro fabricado por Bruker tiene un detector de área (CCD) altamente sensible (170 electrones por fotón) para los estudios cristalográficos moleculares. Esto permite obtener datos de manera más rápida en cristales muy pequeños (10 micras).



**Figura 2. Bruker SMART Apex**

El difractómetro de Rayos X para monocristal Smart Apex también puede trabajar a baja temperatura.

El tiempo de duración para el tratamiento de una muestra es de 5 horas

Este difractómetro prácticamente ha sustituido al anterior por su mayor rapidez y sensibilidad .

### 2.2.1.2 Difractómetros de Polvo

#### 2.2.1.2.1 Philips X-Pert

El difractómetro de polvo X-Pert tiene varias configuraciones y permite trabajar con 21 muestras fácilmente. Así se aumenta considerablemente el rendimiento de procesamiento.



Figura 3. Philips X-Pert

## 2.2.2 Pendientes de instalación

### 2.2.2.1 *Difractómetros de monocrystal*

#### 2.2.2.1.1 *Rigaku R-Axis Spider*

El gran formato de la placa de proyección del difractómetro de monocrystal Rigaku Spider proporciona una gran flexibilidad comparado con los detectores basados en el CCD (siglas en inglés del *charge-coupled device*: ‘dispositivo de cargas [eléctricas] interconectadas’).

La gran abertura permiten una rápida y completa colección de datos de una muestra y facilita determinar fácilmente las configuraciones de las moléculas.

Fácil y barato de mantener. Las placas de la proyección de imagen no requieren un sistema de enfriamiento del detector, lo que reduce automáticamente su complejidad.



Figura 4. Rigaku R-AXIS SPIDER

#### 2.2.2.1.2 Rigaku Mercury CCD system

El sistema CCD Mercury 2 de Rigaku proporciona fiables y exactos datos de difracción de rayos X de monocrstales para la pequeña colección de datos de la molécula y la determinación estructural.

El sistema incluye un compacto detector CCD de mercurio, goniómetro de 3 o 4 ejes, un tubo sellado o un generador giratorio del ánodo, la óptica, y todo el software y periféricos requeridos.



Figura 5. Rigaku Mercury CCD system

Las características principales son: sensibilidad, rapidez, exactitud, versatilidad y fiabilidad.

## 2.3 Ubicación

El Servicio de Difracción de Rayos X está ubicado en la segunda planta del edificio C2 de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona en el término municipal de Cerdanyola del Vallès:

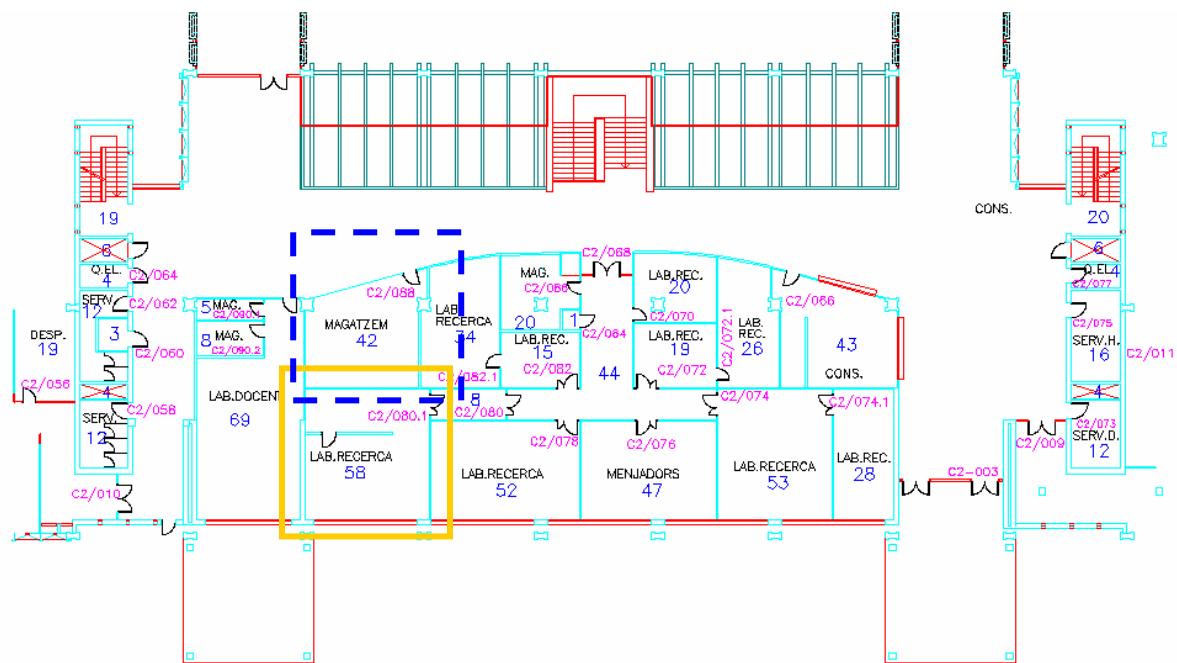


Figura 6. Plano situación SDRX



Figura 7. Detalle ampliación situación SDRX

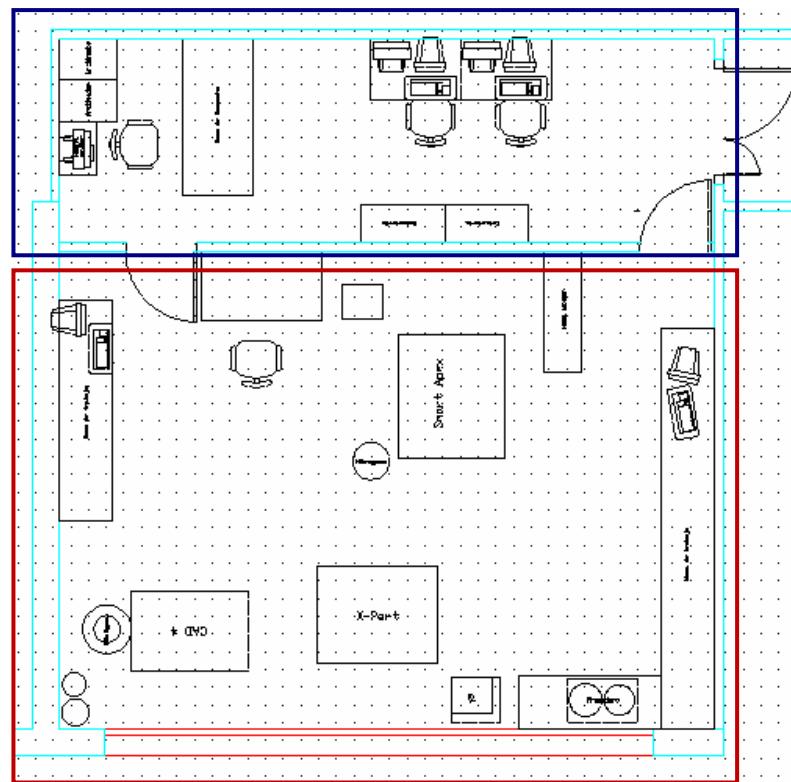
Dicho Servicio dispone de las siguientes dependencias, aula 58 "Lab. Recerca" y la sala a anexar es el aula 42 "Magatzem" según el siguiente plano:



**Figura 8. Esquema de la planta 2 del Edificio de Ciencias C2 de la UAB**

## **2.4. Distribución y espacios actuales del Servicio de Difracción de Rayos X**

En la actualidad, el Servicio de Difracción de Rayos X (SDRX) de la Universitat Autònoma de Barcelona dispone de una sala de  $57,72\text{ m}^2$  compuesta por 2 zonas diferenciadas tal como podemos observar en la figura:



**Figura 9. Distribución de espacios del SDRX actual**

-Área de despachos ( $17,76\text{m}^2$ )

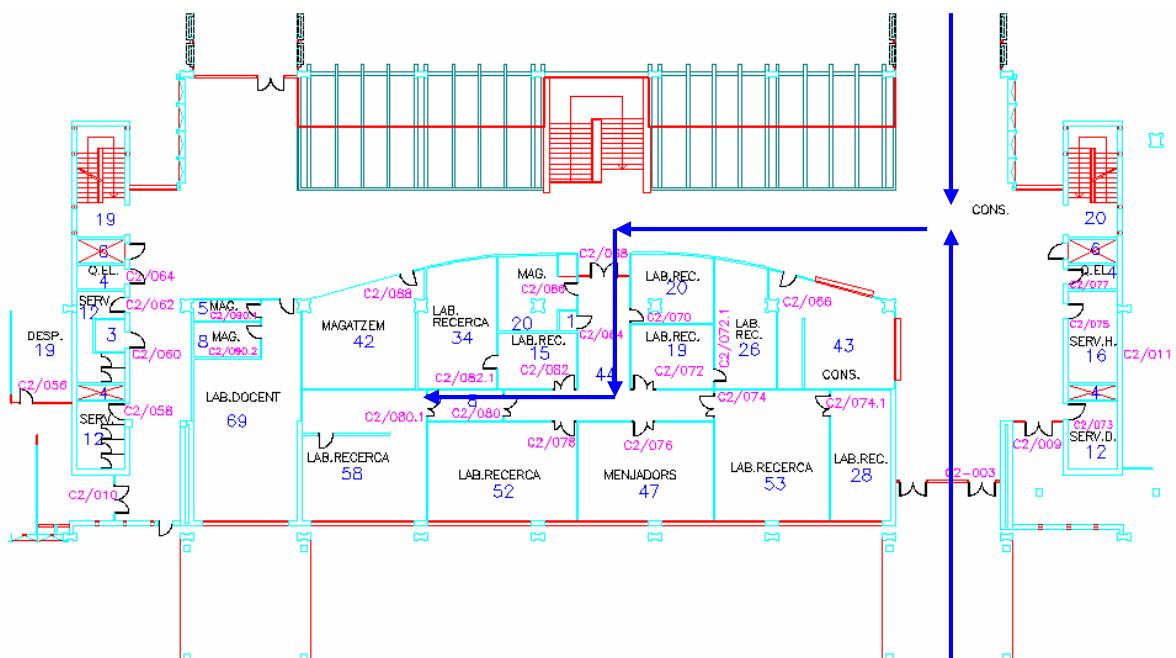
-Área de Difracción ( $39,96\text{m}^2$ )

Tal como se puede ver en la figura 8, los artefactos existentes en estos momentos en el SDRX son los siguientes:

UBICACIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Zona de Despacho	1	Mesa escritorio
	2	Archivadores
	2	Estanterías
	2	Mesas de ordenador
Zona de trabajo	3	Difractómetros
	2	Mesas de trabajo
	1	Mesa escritorio
	1	Fregadero
	1	Nevera
	1	Mesa auxiliar

**Tabla 1. Mobiliario existente en el SDRX en la actualidad**

El acceso al SDRX se puede realizar o bien des de dentro de la Facultad de Ciencias o bien des del exterior siguiendo el camino marcado en la figura 10:



**Figura 10. Esquema de los accesos al SDRX**

La puerta de acceso está realizada mediante una puerta, a partir de la cual se encuentra la zona que actualmente se destina a despachos delimitada mediante mamparas de estructura de aluminio, la mitad inferior es de contrachapado de madera y la mitad superior de policarbonato translúcido. En cada extremo de la mampara hay una puerta.

Una vez en la zona de despachos a través de una de las dos puertas disponibles, se accede a la zona de trabajo la cual está aislada por las mamparas y las puertas que actúan a modo de protección de posibles radiaciones, allí encuentra la maquinaria y las mesas de trabajo donde se preparan las muestras.

El techo de la zona de despacho, está constituido por la propia estructura del forjado realizada mediante nervios cruzados de hormigón visto. En las vigas de dicho techo se encuentran instaladas las luminarias, que constituyen el sistema de alumbrado de esta zona.

En la zona de trabajo, existe un falso techo blanco satinado donde están instaladas las luminarias.

El suelo de todas las dependencias está distribuido en retícula de baldosas de gres de 30 x 30 cm. En la zona de posible exceso de peso, en la zona de apoyo de las máquinas

de difracción, hay instaladas unas láminas de hierro para la distribución de la cargas de forma uniforme sobre el forjado que sustenta es suelo.

### 3. Estudio del Servicio de Difracción de Rayos X

#### 3.1 Metodología

Para la realización del proyecto se ha utilizado la Metodología de Diseño de Proyectos (MDP) desarrollada en el Departamento de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Cataluña y validada en la Titulación de Ingeniería de Materiales de la Universitat Autònoma de Barcelona donde se continúa desarrollando [2].

Esta metodología estructura de forma sistemática el trabajo del proyectista y lo guía en el camino que va desde del problema y sus conflictos asociados hasta una solución concreta.

El proceso aborda primero una perspectiva del entorno y después de un análisis, que se centra en el servicio a proporcionar por el sistema a sus usuarios, se propone la solución específica tal como se muestra en la figura 11:

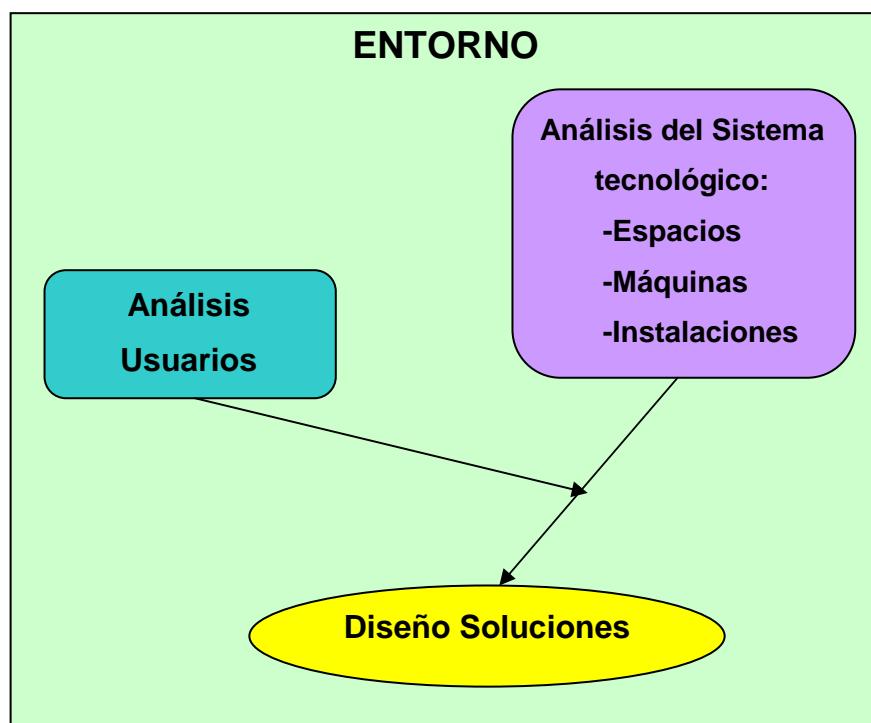


Figura 11. Esquema de la metodología seguida

Los pasos seguidos son:

- Del conflicto al problema técnico

La identificación de las necesidades y de los Puntos Débiles, ha estado y es, el trabajo desarrollado en los meses de estudio del Servicio de Difracción de Rayos X junto a un estudio del entorno.

La metodología utilizada en la identificación de los puntos débiles, es la observación de espacios, instalaciones y maquinaria que tienen relación directa con el SDRX. Mediante esta observación, se pueden identificar las necesidades y deficiencias que existen en el Servicio.

- Personas, elementos involucrados en el conflicto y servicio deseado

La metodología utilizada en la identificación de los puntos débiles y necesidades, es la observación de todos los usuarios que tienen relación directa con el SDRX.

- Diagrama y matriz relacional de actividades

Para poder representar las interacciones entre los diferentes artefactos del SDRX de manera lógica y clasificar la intensidad de dichas relaciones, se utiliza la tabla relacional de actividades (metodología del Systematic Layout Planning (SLP) para la distribución en planta por proceso), consistente en un cuadro en que quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada artefacto y los restantes. En base a la información recogida, es posible plasmar un diagrama que pretende recoger la disposición de los artefactos [3].

Este estudio permite llegar a diferentes propuestas de distribución de espacios y de entre ellas permite escoger la propuesta solución.

- Propuesta del sistema solución

Con los datos obtenidos en los puntos anteriores nos lleva a la solución del problema.

### **3.2. Presentación del problema**

Durante el transcurso del año 2007, el SDRX adquirió dos difractómetros de monocrystal nuevos. Por sus dimensiones, no tienen cabida en el área actual de trabajo, surge entonces la necesidad de nuevos espacios para poder instalar la nueva maquinaria y ampliar los servicios. Por reestructuración de espacios adyacentes al SDRX, a éste puede anexarse la sala contigua de 38,75 m<sup>2</sup> (aula 42 "Magatzem" de la figura 8)

El propósito es convertir la sala actual y la contigua en una sola (97,11 m<sup>2</sup>) a partir de la demolición y retiro de los muros divisorios existentes, para garantizar un mayor aprovechamiento del espacio físico disponible.

Por las razones expuestas, se hace necesario ejecutar un estudio para la redistribución y adecuación de los nuevos espacios físicos del SDRX, así como la reorganización y adquisición de elementos nuevos para la optimización de puestos de trabajo. De esta forma se logrará contar con espacios debidamente adecuados y con las condiciones optimas de trabajo para la totalidad de personas que trabajan en el Servicio.

#### **3.2.1 Restricciones**

La adecuación del espacio ha de diseñarse mediante la distribución de las zonas de trabajo y la de despachos para un funcionamiento del personal del Servicio de una manera fácil y accesible. Las áreas de despachos y trabajo han de ser de dimensiones y con equipamientos racionales en función de las necesidades del Servicio y sus usuarios, y mediante la modernización de las instalaciones existentes. Todo ello manteniendo la línea de continuidad, uniformidad y homogeneidad adoptada en toda la Universidad.

Las restricciones que se pueden encontrar a la hora de proponer las soluciones al problema son las siguientes:

-Restricciones:

- La maquinaria existente a utilizar en el SDRX y todos los accesorios que tienen asociados (refrigeradores, ordenadores, etc...)
- Volumen y peso de la maquinaria
- Los usuarios del SDRX

- Mínimo impacto ambiental
- Medidas de seguridad
- Distribución de las zonas para la protección de la radiación ionizante
- Distribución de la maquinaria

-Constricciones:

- Dimensiones de la sala
- Normativa vigente aplicable del uso de la maquinaria (el cual está regulado por el Consejo Nacional de Seguridad)
- Presupuesto
- Tecnologías existentes
- Maquinaria existente y la comprada

### **3.3. Estudio de Usuarios**

#### **3.3.1 Estudio de los puntos débiles existentes actualmente**

- Personal del Servicio de Difracción de Rayos X:

Personas que realizan su jornada laboral en el SDRX. Las actividades típicas que se llevan a cabo son: reuniones, gestión del SDRX, etc... En sus actividades diarias se encuentran con los siguientes puntos débiles:

- Deficientes condiciones ambientales: Exceso de ruido producido por las máquinas que pueden derivar en problemas de concentración y de estrés.
- Riesgos de caídas en el mismo por obstáculos que hay en el suelo (cables, tarimas...) en la utilización de la sala de difracción.
- Un único despacho sin luz natural con mobiliario poco adecuado para desarrollar todas las actividades como son las reuniones.

- Personal de limpieza

Usuarios pertenecientes al personal de la UAB encargados de la limpieza de la sala (labores de fregado, barrido y limpieza de polvo, vaciado de papeleras, etc..). En sus labores en el Servicio se encuentran con las siguientes deficiencias:

- Existencia de muchos huecos y rendijas de difícil acceso donde se acumula la suciedad lo que impiden una limpieza a fondo.
- Materiales oxidados y corroídos que dificultan la limpieza
- Obstáculos en el suelo que pueden provocar caídas al mismo nivel y golpes
- Condiciones ambientales deficientes: ruido continuo de los refrigeradores.

- Personal de la UAB y usuarios del SDRX

Toda persona de la comunidad de la Universidad que se dirige a aprender o a utilizar los. Básicamente realizan prácticas dirigidas en el SDRX. En el momento de encontrarse en la sala se encuentran con que:

- Los espacios libres en la sala de trabajo son muy reducidos lo que se traduce en que sólo se puede trabajar en grupos reducidos de personas, sin permitir mucha movilidad.
- Ruido constante de los refrigeradores y de los difractómetros que pueden producir desconcentración y estrés.
- Obstáculos en la sala de trabajo que pueden producir caídas al mismo nivel al tropezar con los cables o las tarimas.

- Personal de mantenimiento

Individuos pertenecientes a la plantilla de la Universidad encargados de las tareas de reparación y mantenimiento de las instalaciones de la Sala (recambios de material deteriorado o estropeado, instalación de mobiliario...). Cuando se encuentran en el Servicio se topan con:

- Difícil acceso a las instalaciones a reparar o mantener debido a la poca libertad de movimiento por los espacios disponibles.
- Existencia de materiales oxidados en los conductos que dificultan su reparación y mantenimiento.
- Obstáculos en el suelo que pueden provocar tropiezos y caídas.

- Personal del Servicio Técnico de los difractómetros

Personal del Servicio Técnico autorizado por la Empresa vendedora de los difractómetros que realizan las tareas de reparación y mantenimiento de dichos difractómetros. Cada vez que tienen que trabajar en el Servicio se encuentran con:

- Difícil acceso a las partes de mantenimiento de los difractómetros, lo que puede alargar la visita o tener que mover todos los accesorios.
- Obstáculos como las tarimas donde están situados los difractómetros que pueden provocar golpes y tropiezos.
- Deficiencias de condiciones ambientales: Ruidos continuos y escasa iluminación para poder ver los objetos a reparar.
- Accesorios conectados a los difractómetros en mal estado (como tubos y cables).

- Personal situado en el laboratorio de debajo

Usuarios de la Sala situada debajo del Servicio donde realizan sus actividades. Al situarse debajo pueden:

- El SDRX está ubicado en una 1<sup>a</sup> planta que necesita una buena distribución de cargas para asegurar la estructura.
- Posibles goteras debido al mal estado de las tuberías de agua.

- Personal situado en las aulas adyacentes del Servicio

Usuarios de la Salas que rodean al Servicio pueden sufrir molestias durante su trabajo por los ruidos producidos por la maquinaria.

### 3.3.2 Estudio de las necesidades

Es preciso determinar cuáles son las necesidades de los usuarios relativas al espacio que utilizan o utilizarán para desarrollar sus tareas. Se necesitarán por tanto, conocer y comprender el tipo de espacio que la organización requiere teniendo en cuenta:

- ¿Cuáles son las necesidades de los usuarios? → Espacio que utilizan /utilizarán
- Análisis de las operaciones y actividades:
  - Misión y funciones que desempeñan cada uno de los integrantes
- Definición de los requerimientos de los usuarios:
  - ¿Dónde se ubicarán las actividades, personas y equipos?
  - ¿Cómo se relacionan entre sí los espacios necesarios?
  - ¿Qué características se esperan de cada uno de los espacios?
  - ¿Qué cambios pueden ocurrir en el futuro?

El estudio de las necesidades estudio se desarrolla en el Anexo A, pero a modo resumen encontramos la siguiente tabla:

USUARIOS	QUÉ QUIERE	CÓMO LO QUIERE	PARA QUÉ LO QUIERE	MEDIO
Servicio de Limpieza	Protección	Contra la radiación	Sentirse seguro	Mamparas de Protección Radiológica
		Contra caídas y choques	No sufrir accidentes	Zonas sin obstáculos en el suelo
	Rapidez a la hora de limpiar	Zonas accesibles de limpieza	Limpiar en el mínimo tiempo	Zonas sin obstáculos
		Fáciles de limpiar	Limpiar en el mínimo tiempo	Zonas sin huecos
	Buenas condiciones de trabajo	Claridad y nitidez	Ver con exactitud a la hora de trabajar	Iluminación óptima
		Insonorización	Evitar ruidos continuos molestos	Insonorización de la zona
		Confort ambiental	No sentir ni excesivo frío ni excesivo calor	Correcta climatización
Servicio de Mantenimiento	Tener que hacer las mínimas visitas al RSDX	Instalaciones fáciles de mantener/reparar	Fiabilidad del propio trabajo	Instalaciones que requieran poco mantenimiento
	Accesibilidad a las instalaciones	Instalaciones bien indicadas en planos y/o manuales	Servicio en el mínimo tiempo	Puntos de reparación/mantenimiento accesibles de forma ergonómica

USUARIOS	QUÉ QUIERE	CÓMO LO QUIERE	PARA QUÉ LO QUIERE	MEDIO
Personal de la UAB y usuarios del SDRX	Protección		Comodidad en el trabajo	
			Evitar lesiones (contactos directos, indirectos..)	Puntos de reparación/mantenimiento seguros
		Fácil acceso a todos los rincones	Servicio en el mínimo tiempo	Buena distribución de espacios
		Contra la radiación	Sentirse seguro	Mamparas de Protección Radiológica
	Buenas condiciones de trabajo	Contra caídas y choques	No sufrir accidentes	Zonas sin obstáculos en el suelo
		Claridad y nitidez	Ver con exactitud a la hora de trabajar	Iluminación óptima
		Insonorización	Evitar ruidos continuos molestos	Insonorización de la zona
	Variedad de Difractómetros	Confort ambiental	No sentir ni excesivo frío ni excesivo calor	Correcta climatización
		Difractómetros accesibles	Aprender	Distribución correcta para que quepan todos los difractómetros
		Difractómetros diferenciables	Aprender	Distribución correcta para que los difractómetros estén

USUARIOS	QUÉ QUIERE	CÓMO LO QUIERE	PARA QUÉ LO QUIERE	MEDIO
	Protección			separados por tipos
		Contra la radiación	Sentirse seguro	Mamparas de Protección Radiológica
	Buenas condiciones de trabajo	Contra caídas y choques	No sufrir accidentes	Zonas sin obstáculos en el suelo
		Claridad y nitidez	Ver con exactitud a la hora de trabajar	Iluminación óptima
		Insonorización	Evitar ruidos continuos molestos	Insonorización de la zona
		Confort ambiental	No sentir ni excesivo frío ni excesivo calor	Correcta climatización
Personal SDRX	Mejorar servicio	Ampliando el Servicio	Actualizar la tecnología disponible	Comprando 2 difractómetros nuevos
			Tener 2 salas de despachos	2 despachos diferenciados (en una tiene que haber una mesa de reuniones)
		Correcto funcionamiento	Resultados fiables	Haciendo un estudio de las instalaciones óptimas
	Mínimo tiempo de implantación del proyecto	Rápido y completo	Estar mínimo tiempo sin instalaciones disponibles	Planificación las obras

USUARIOS	QUÉ QUIERE	CÓMO LO QUIERE	PARA QUÉ LO QUIERE	MEDIO
	Protección	Contra la radiación	Sentirse seguro	Mamparas de Protección Radiológica
		Contra caídas y choques	No sufrir accidentes	Zonas sin obstáculos en el suelo
	Buenas condiciones de trabajo	Claridad y nitidez	Ver con exactitud a la hora de trabajar	Iluminación óptima
		Insonorización	Evitar ruidos continuos molestos	Insonorización de la zona
		Confort ambiental	No sentir ni excesivo frío ni excesivo calor Correcto funcionamiento de la maquinaria	Correcta climatización
Personal del Servicio Técnico de los difractómetros	Accesibilidad a las instalaciones	Instalaciones bien indicadas en planos y/o manuales	Imagen de calidad de producto Fiabilidad del propio trabajo	Puntos de reparación/mantenimiento accesibles
	Protección	Contra la radiación	Sentirse seguro	Mamparas de Protección Radiológica
		Contra caídas y choques	No sufrir accidentes	Zonas sin obstáculos en el suelo
	Buenas condiciones de	Claridad y nitidez	Ver con exactitud a la hora	Iluminación óptima

USUARIOS	QUÉ QUIERE	CÓMO LO QUIERE	PARA QUÉ LO QUIERE	MEDIO
trabajo			de trabajar	
		Insonorización	Evitar ruidos continuos molestos	Insonorización de la zona
		Confort ambiental	No sentir ni excesivo frío ni excesivo calor. Correcto funcionamiento de la maquinaria	Correcta climatización
Personal Planta Inferior	Protección	Sin riesgos de derrumbamientos	Poder trabajar sin sufrir lesiones	Estudio del armado y sus características
Universidad	Prestigio	Ampliar el Servicio de Difracción	Dar una mayor calidad en la investigación	Ampliación del espacio del SDRX
	Mínimo tiempo de implantación del proyecto			
Personal Adyacente a la nueva sala	No sufrir molestias	Continuar trabajo sin interrupciones		Insonorización de la sala
Consejo de Seguridad Nacional	Controlar la radiación del SDRX	Protección de las máquinas	Proteger a los usuarios de que no se excedan los límites permitidos	Protección de las máquinas Separación zona de trabajo de la de difracción

Tabla 2. Necesidades de los usuarios del SDRX

### **3.4 Estudio de la maquinaria**

#### **3.4.1 Estudio de los puntos débiles existentes actualmente**

Las deficiencias que se encuentran actualmente en el SDRX son:

- Existencia de materiales oxidados o en mal estado que pueden provocar fugas o deterioros en la maquinaria

- Los difractómetros al ser cargas puntuales de gran peso, están situados en unas tarimas para la distribución de las cargas. Estas tarimas, están oxidadas.

- Para poder acceder al interior de los difractómetros para su mantenimiento y/o reparación, se tiene que hacer apartando los obstáculos que impiden trabajar con comodidad.

#### **3.4.2 Estudio de las necesidades**

En cada puesto de trabajo deben estudiarse y definirse las distancias, alturas y alcances de los trabajadores, las dimensiones, la ubicación de la maquinaria y los desplazamientos necesarios para que el operador realice su trabajo:

- Distancias mínimas para poder maniobrar y poder acceder a todas las partes del difractómetro:

Difractómetro	Laterales (cm)	Frontal (cm)	Posterior (cm)	Accesorios
Smart Apex	60	100	80 (mantenimiento)	-Bombona N <sub>2</sub> (45 Ø) -Refrigerador -1 PC
CAD 4	50	70	70	-Bombona N <sub>2</sub> (55 Ø ) -(+2 repuesto 31 y 26.5 Ø) -3 módulos -1 PC
X-Pert	60 (mantenimiento o parte izquierda)	100	80 (mantenimiento)	-Bombona N <sub>2</sub> (42 Ø) -2 módulos -2 PC

Rigaku CCD	Min 60	Min 100	Min 80	-1 PC
Rigaku Spyder	Min 60	Min 100	Min 80	-1PC

**Tabla 3. Distancias mínimas de maniobrabilidad y accesorios de los difractómetros**

- La distancia mínima que ha de haber entre máquinas es de 1 metro.
- Ha de haber 2 zonas diferenciadas (despachos y laboratorio)
- Han de haber 2 despachos que han de ser lo más grandes posibles y que estén cerca de la pared donde hubiera ventanas con entrada de luz natural.
- En uno de los dos despachos tiene que haber una mesa de reuniones para 4 o 5 personas.

-En la zona de trabajo ha de haber dos ambientes diferenciados:

Monocristal: (CAD 4, Smart Apex, Rigaku CCD, Rigaku Spider)

Polvo :(X-Pert)

-Smart Apex, que de momento es el más ruidoso por no conocerse el ruido que pueden generar los dos Rigakus, ha de estar lo más alejado posible de los despachos.

-El difractómetro más antiguo y que menos se utiliza es el CAD 4, por lo que podría estar en una zona apartada o que no interfiriese.

-Existe la posibilidad de la compra en un futuro de un difractómetro de polvo, lo que significa que debería poderse ubicar en la sala. Se ubicaría en un sitio reservado para ello en el centro sin tocar el resto de máquinas, o en el caso de que no cupiera en la sala se sustituiría por CAD 4 (por esto se debe ubicar el CAD4 en una zona que sea fácil recorrido para trasladarlo sin interferir en las otras máquinas y que el nuevo difractómetro sea colocado en la zona de polvo, por esta razón el CAD 4 debería estar cerca del X-Pert (también de polvo) y así quedarían las dos zonas diferenciadas por ambiente de trabajo)

-El fregadero debe estar cerca de la mesa de trabajo de polvo

-La nevera prácticamente no se utiliza, sólo para guardar muestras de monocristales.

-El equipamiento fijo necesario para la correcta utilización tanto del SDRX estará compuesto por:

UBICACIÓN	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Zona de Despacho	2	Mesa escritorio
	3	Archivadores
	2	Estanterías
	1	Mesa de reunión para 4 personas mínimo

Zona de trabajo	5	Difractómetros
	2	Mesas de trabajo
	3	Mesas de ordenador
	1	Fregadero
	1	Nevera
	1	Mesa auxiliar

**Tabla4. Mobiliario del futuro espacio del SDRX**

### **3.5 Tabla y diagrama relacional de actividades**

#### Tabla relacional de actividades

Esta matriz da información sobre la importancia relativa de la proximidad de una sección con respecto otra, pero en ningún caso incluye información sobre la superficie necesaria. La importancia relativa indica la conveniencia de que una sección se encuentre cercana a otra sección según sea el nivel de su interacción (Absolutamente necesario, Especialmente importante, Importante, Ordinario, No importante y No deseable) [3].

Inicialmente se determina cuales son las unidades que componen el Servicio de Difracción de Rayos X y se definen las relaciones de proximidad más adecuadas entre todas ellas para un buen flujo de materias y personas:

	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. Despacho 1	A	O	X	O	O	O	O	U	U	U	O	O	O	O	O	O	O
2. Despacho 2		O	X	O	O	O	U	U	U	O	O	O	O	O	O	O	O
3. CAD 4			E	E	E	I	O	O	I	E	A	O	O	O	O	O	I
4. Smart Apex			E	E	I	O	O	I	E	O	A	O	O	O	O	O	I
5. Rigaku CCD				E	I	O	O	I	E	O	O	A	O	O	O	O	I
6. Rigaku Spyder					I	O	O	I	E	O	O	O	A	O	O	O	I
7. X-Pert						O	O	A	I	O	O	O	O	A	O	E	
8. Fregadero							U	A	U	X	X	X	X	X	X	X	O
9. Nevera								U	U	X	X	X	X	X	X	X	O
10. Mesa Larga									O	O	O	O	O	O	O	O	O
11. Mesa Corta		VALOR								O	O	O	O	O	O	O	O
12. PC CAD	A									O	O	O	O	O	O	O	O
13. PC Smart	E									O	O	O	O	O	O	O	O
14. PC Rigaku CCD	I									O	O	O	O	O	O	O	O
15. PC Rigaku Spyder	O									O	E	O	O	O	O	O	O
16. PC XPert 1	U									E	O	O	O	O	O	O	O
17. PC XPert 2	X										O						O
18. Futura máquina																	

Tabla 5. Tabla relacional de actividades

De esta tabla se puede extraer que las relaciones más destacadas son:

-Proximidad absolutamente necesaria de cada difractómetro con sus respectivos ordenadores o mesa donde esté ubicado el ordenador. También es muy importante que el x-Pert se encuentre al lado de la mesa de preparación de muestras de polvo y del fregadero.

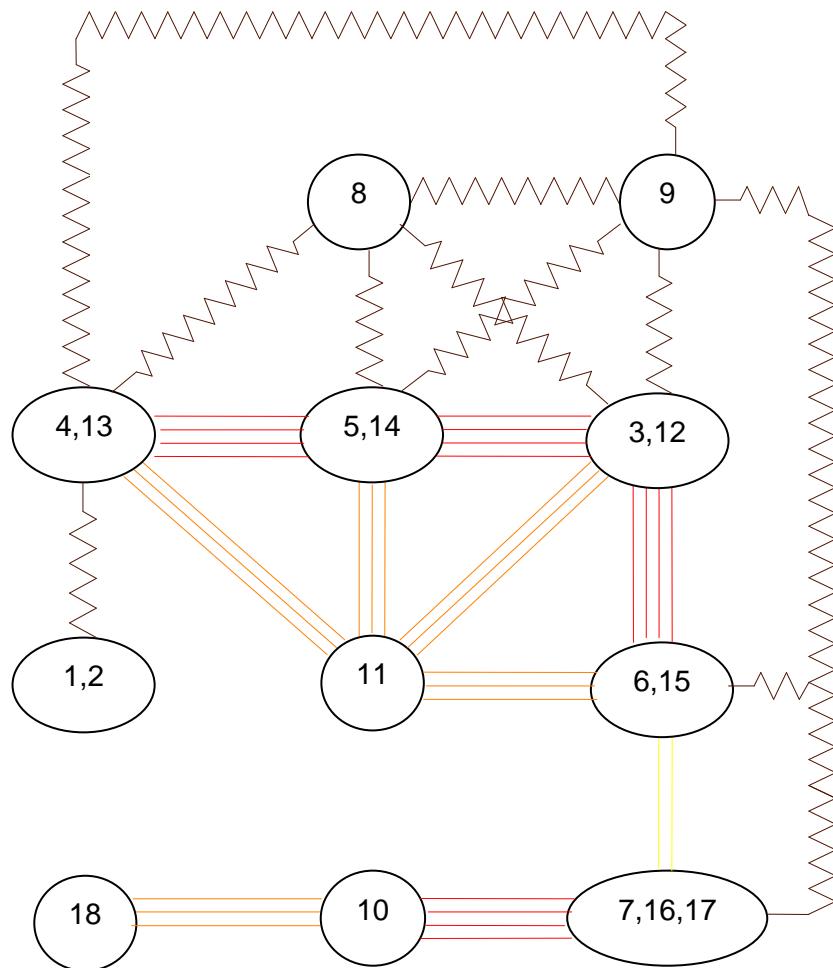
-Es especialmente importante que los difractómetros de monocristal se encuentren juntos y cerca de la mesa de preparación de muestras de monocristal.

-Los dos despachos han de estar juntos y lo más alejado posible del difractómetro CAD 4.

-Todos los ordenadores han de estar alejados del fregadero y de la nevera.

### Diagrama relacional de actividades

Con la información de la matriz de relaciones de actividades se obtiene la siguiente figura, que representa de forma gráfica la necesidad de aproximación o distanciamiento entre las diferentes actividades:



**Figura 12. Diagrama relacional de actividades**

A partir del diagrama relacional de espacios se pueden plantear las alternativas de distribución de las zonas en planta, valorando las necesidades de espacio y el tipo de relación entre actividades.

Con esta información se pueden generar diferentes propuestas de distribución para finalmente escoger la más óptima.

A partir de la distribución de espacios escogida, se dará solución al resto de puntos débiles y necesidades.

## 4. Propuesta de distribución de espacios

### 4.1. Propuesta Distribución 1

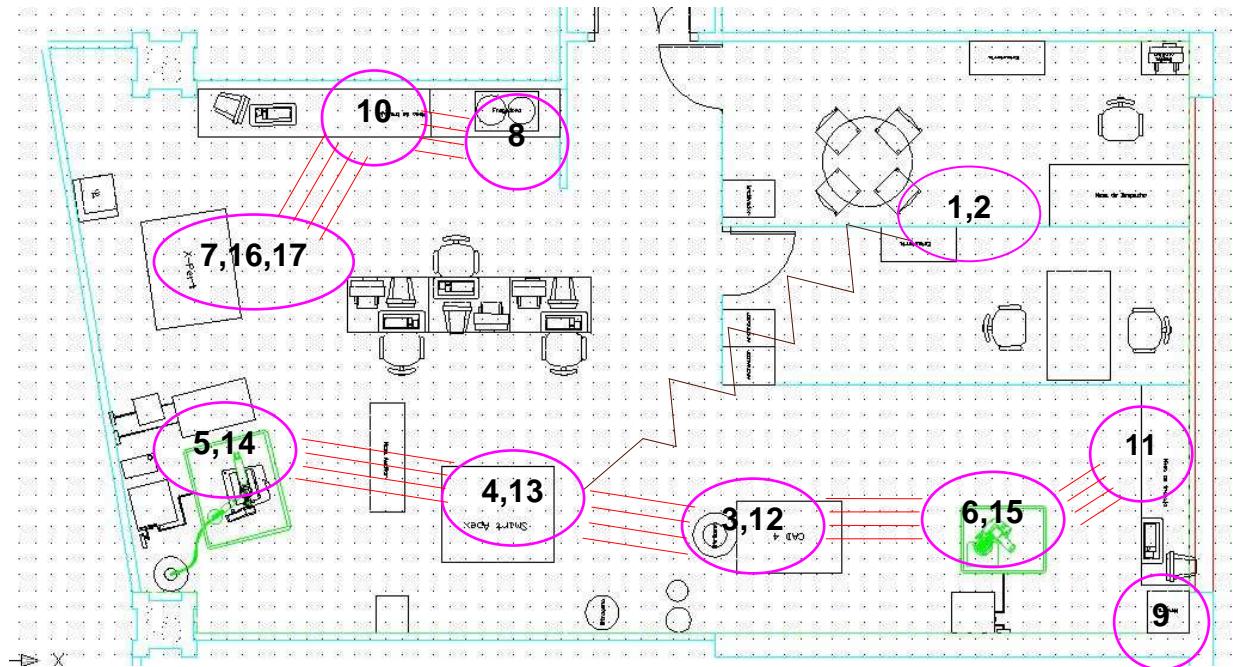


Figura 13. Propuesta de distribución de espacios 1

Las ventajas de esta distribución son las siguientes:

- Los dos despachos con entrada de luz solar
- En la zona de trabajo hay dos zonas bien diferenciadas para la preparación de muestras.
- Los 5 difractómetros caben perfectamente manteniendo las distancias mínimas entre ellos y con la pared (para facilitar el acceso para mantenimiento y reparación)
- Los cuatro difractómetros de monocristal se encuentran juntos en la misma pared.

En contra, podemos observar que los dos despachos son estrechos lo que daría sensación de claustrofobia a sus ocupantes.

## 4.2. Propuesta Distribución 2

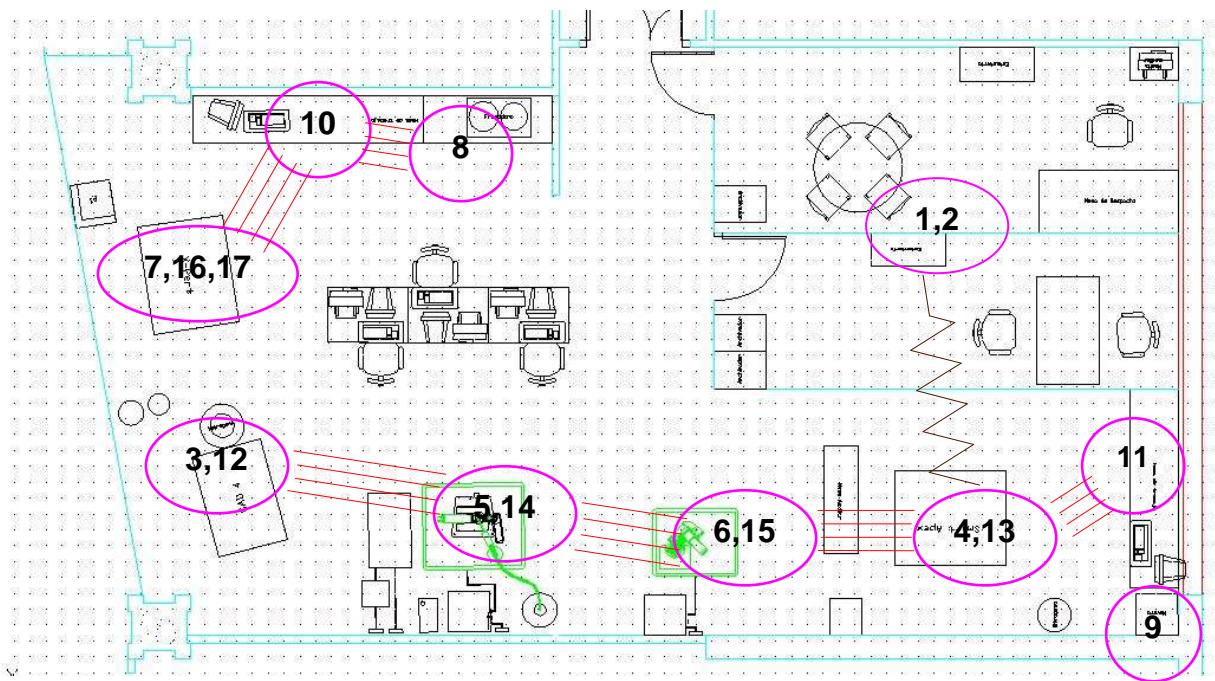


Figura 14. Propuesta de distribución de espacios 2

Esta distribución es bastante parecida a la anterior, se diferencia en la distribución de los difractómetros en la zona de trabajo (Se han modificado el orden de los difractómetros de monocristal).

A parte de la estrechez de los despachos, encontramos que el difractómetro Smart Apex que es el más ruidoso, está muy próximo de la zona de despachos, lo cual podría provocar alguna molestia si las puertas estuvieran abiertas.

### 4.3. Propuesta Distribución 3

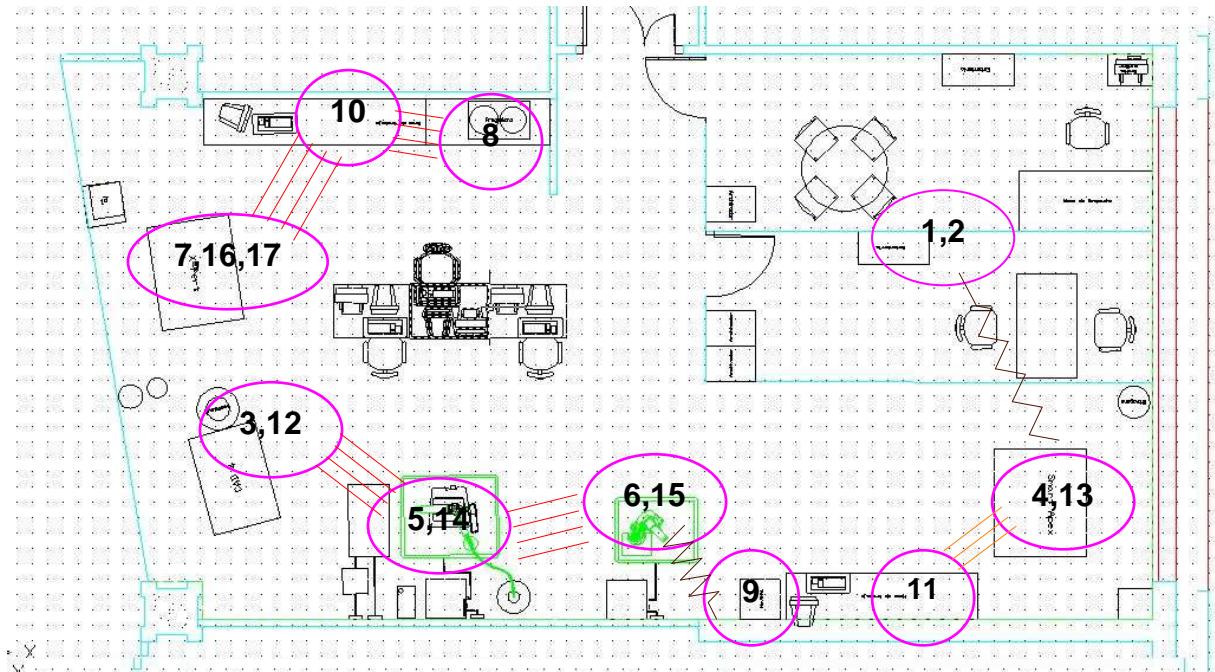


Figura 15. Propuesta de distribución de espacios 3

Esta distribución también es bastante parecida a la anterior, se diferencia en la distribución de los difractómetros en la zona de trabajo (Se han modificado el orden de los difractómetros de monocristal) y la mesa de preparación de muestras.

A parte de la estrechez de los despachos, encontramos que el difractómetro Smart Apex que es el más ruidoso, está muy próximo de la zona de despachos, lo cual podría provocar alguna molestia si las puertas estuvieran abiertas. El CAD 4 se encuentra bastante alejado de la salida por lo que a la hora de intercambiarlo por el nuevo difractómetro, habría que recorrer bastante espacio y apartar todas las mesas de los ordenadores.

#### 4.4. Propuesta Distribución 4

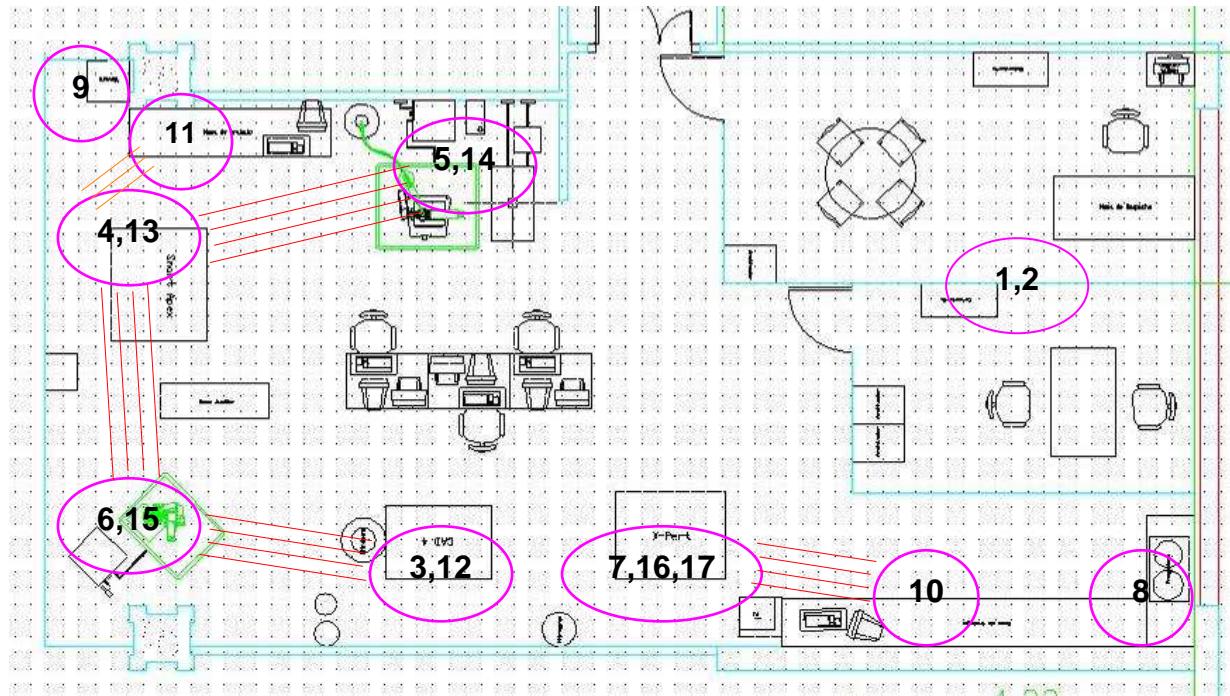


Figura 16. Propuesta de distribución de espacios 4

En esta distribución encontramos que los despachos son más grandes y amplios que las otras distribuciones.

El Smart Apex se encuentra bastante alejado de la zona de despachos, por lo que no interferiría.

Todos los difractómetros de monocrystal se encuentran juntos.

En contra, la zona de preparación de muestras de monocrystal con poca posibilidad de movimiento para el trabajador.

Se tendrían que pedir permisos para ampliar el área de las salas modificando el dibujo en forma de onda que hace la pared en el exterior, rompiendo la continuidad con el resto del edificio.

#### 4.5. Propuesta Distribución 5

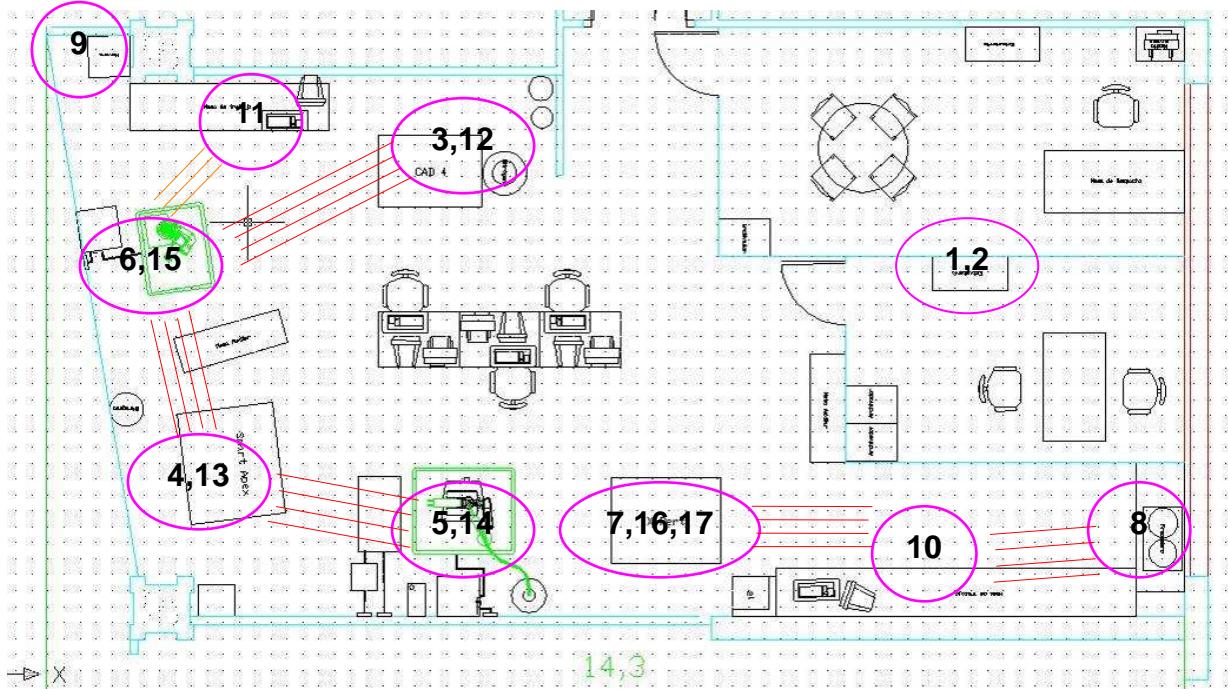


Figura 17. Propuesta de distribución de espacios 5

En esta distribución, las zonas de despachos amplias y con entrada de luz natural en los dos. Hay dos zonas de trabajo diferenciadas (monocristal y polvo) con todos los difractómetros de monocristal juntos.

El CAD 4 se encuentra muy próximo a la salida para poder ser trasladado en caso de que retirado para poder ubicar en su lugar otro difractómetro de monocristal.

En contra, la zona de preparación de muestras de monocristal se encuentra muy encajonada entre los dos difractómetros pudiendo ocasionar molestias al trabajador a la hora de moverse.

#### 4.6. Propuesta Distribución 6

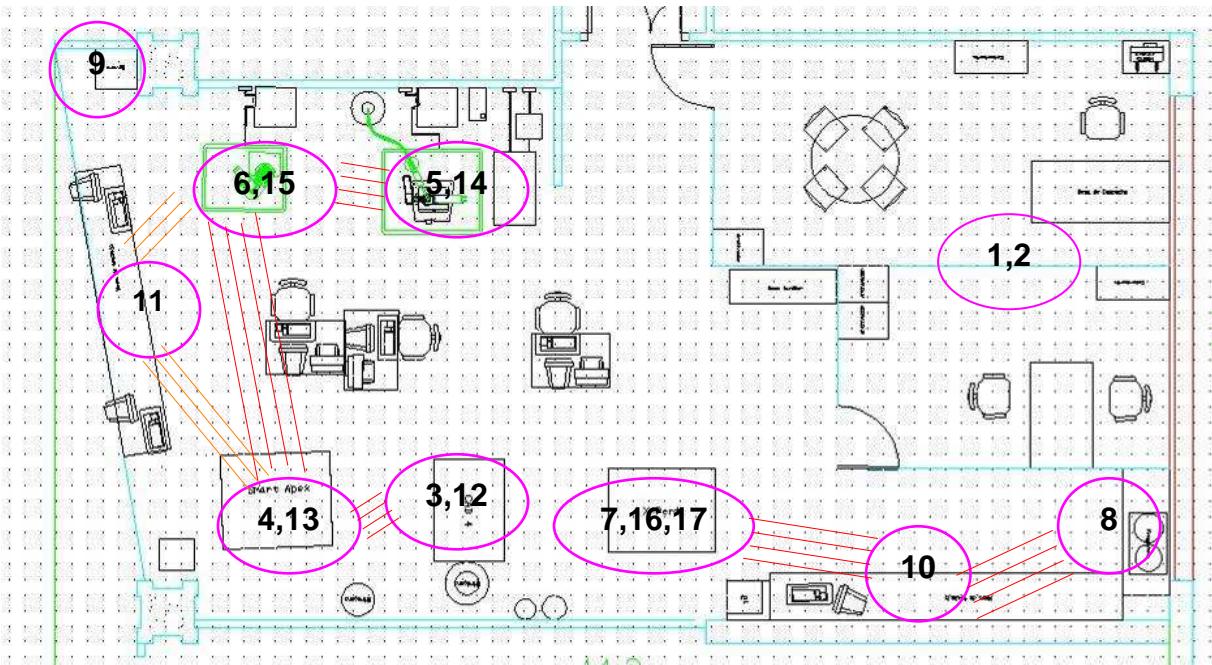


Figura 18. Propuesta de distribución de espacios 6

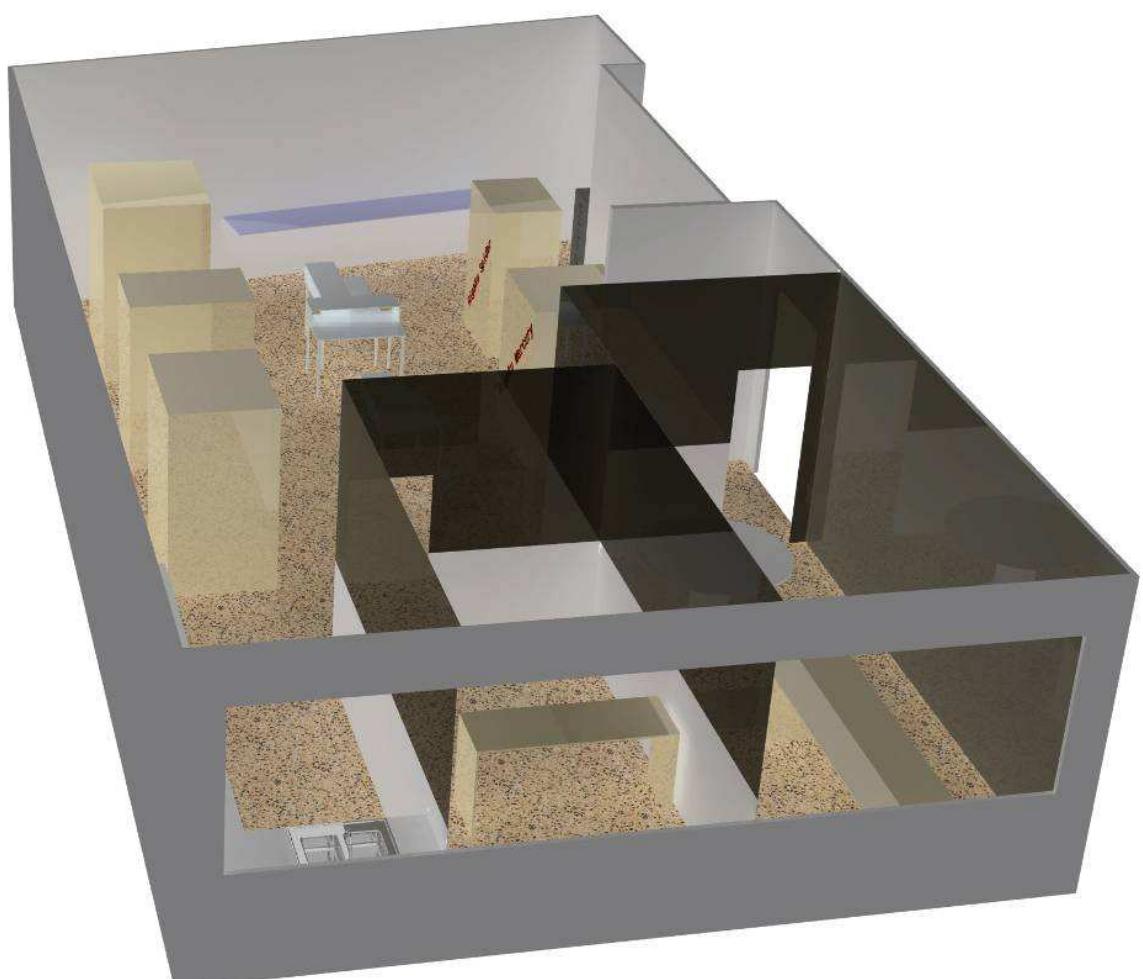
Esta distribución ofrece una orientación mesas de despachos para aprovechar al máximo la iluminación natural y las vistas, son dos despachos amplios con entrada de luz natural.

Hay dos zonas de trabajo bien diferenciadas (polvo y monocrystal) muy amplias para poder trabajar con comodidad. El Smart Apex se encuentra lo más alejado de los despachos.

#### 4.7. Solución escogida

Por todas las ventajas que representa, la distribución escogida es la descrita en el punto 4.6. A partir de esta distribución se dará solución al resto del proyecto.

En las siguientes figuras se puede ver la distribución solución en 3D desde diferentes puntos de vista realizada con el programa CATIA V5 R16, para tener una percepción más clara de la distribución y espacio disponible:



**Figura 19. Vista del SDRX des del exterior**

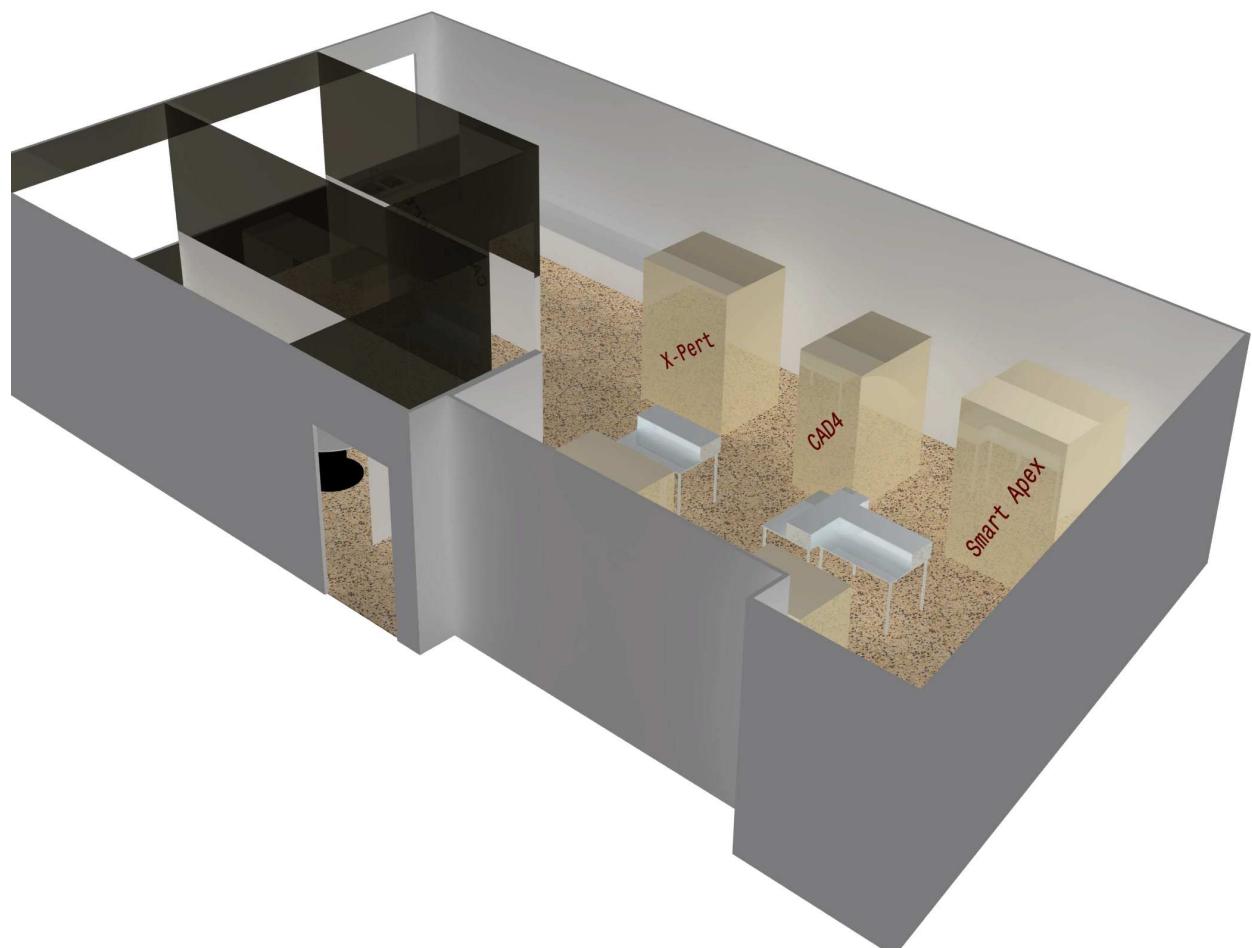


Figura 20. Vista del SDRX des de la entrada



Figura 21. Planta del SDRX

## 5. Instalaciones

### 5.1. Estudio del Suelo

#### 5.1.1 Introducción

Debido al peso de los difractómetros es necesario realizar un estudio para comprobar si la estructura es capaz de soportar las solicitudes aplicadas sobre la estructura portante que corresponden a las cargas permanentes y sobrecarga de uso.

A partir de la distribución de espacios escogida puede establecerse la posición de las máquinas y según su geometría y peso se conocería la repercusión que tiene cada máquina individualmente y colectivamente sobre el piso en que se encuentran.

#### 5.1.2 Estudio del forjado

##### 5.1.2.1 Metodología

Para conocer si el forjado y la estructura portante del forjado son capaces de asumir las cargas puntuales como son las máquinas es necesario conocer :

a) Determinación de las dimensiones:

-Geometría del forjado, que corresponden a la dimensiones de los nervios (sección, longitud, luces), grueso de la capa de compresión, etc..

-Características de los materiales utilizados (tipo de material).

-Características mecánicas de los materiales utilizados.

-Despiece del armado de la losa de reparto, de los nervios y de las jácenas.

b) Establecimiento de las acciones que deben tenerse en cuenta.

c) Verificación de los estados límite.

##### 5.1.2.1.1 Determinación de las dimensiones

Para obtener estos datos se solicitó al Departamento Arquitectura y Mantenimiento de la UAB que fuera facilitada la memoria de cálculo del proyecto de realización de la Facultad de Ciencias de la UAB.

Debido a la antigüedad de los archivos que contenían todos los planos y memorias de calidades, y al volumen de trabajo que tiene el departamento no fue posible obtener toda la información deseada y necesaria para realizar los cálculos que se pretendían.

Con la información aportada de un pequeño extracto de la memoria y tras varias visitas al recinto de la Facultad de Ciencias para realizar mediciones de la geometría y la disposición del forjado, se obtuvieron los siguientes datos:

- Características de los materiales:

Hormigón armado compuesto por: Hormigón H-175 y acero AEH-400

-Geometría del forjado:

La estructura vertical se corresponde con 4 pilares de hormigón armado de las siguientes dimensiones:

P1 y P2: 0.55 x 0.55 m; P3 y P4: 0.30 x 0.80 m con una altura de 3.75 m.

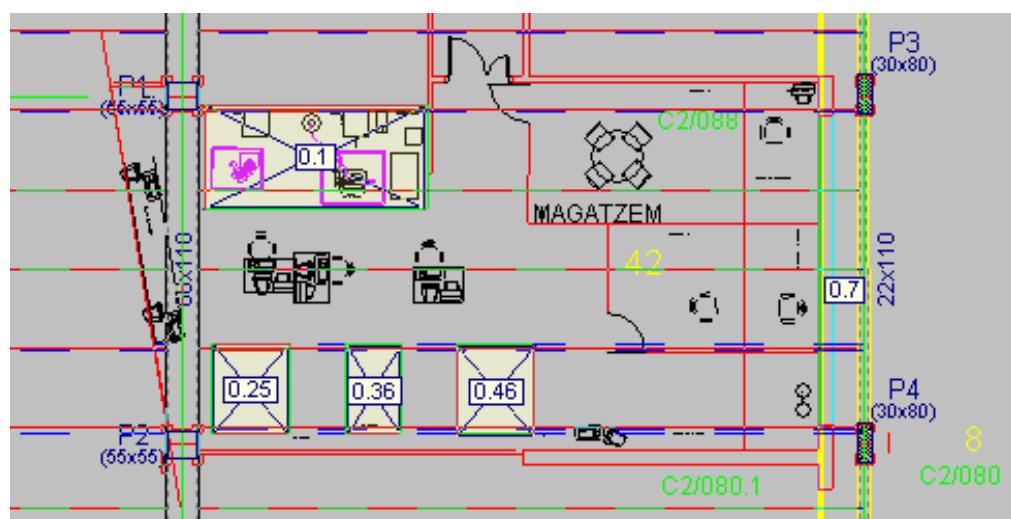


Figura 22. Distribución de nervios y jácenas

Y la estructura horizontal con un forjado compuesto por 5 nervios (0.20 x 0.70 cm) con una luz de 1,6 m y 2 jácenas (de P1 a P2 de 1.10 x 0.66 m y de P3 a P4 de 1.10 x 0.22 m) de hormigón armado con una losa de reparto del mismo material de 0.05 m de grosor:

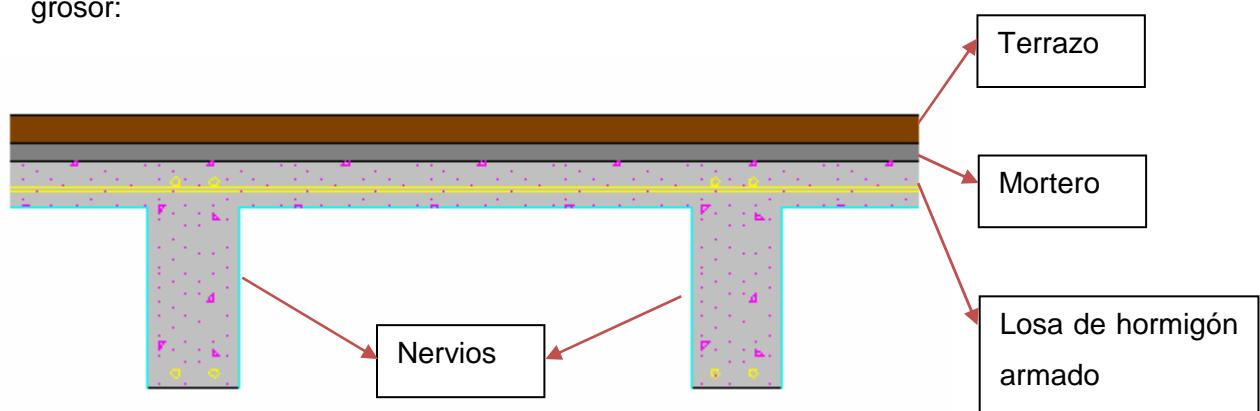


Figura 23. Sección de la estructural horizontal

### 5.1.2.1.2 Establecimiento de las acciones que deben tenerse en cuenta

La carga producida por los pesos que gravitan sobre una estructura puede ser:

-Peso propio (la carga debida al peso del elemento) y la carga permanente (debida a los pesos de todos los elementos constructivos), instalaciones fijas, etc., que soporta el elemento. La determinación del peso de un cuerpo homogéneo se obtiene multiplicando su volumen por su peso específico aparente.

-Sobrecarga de uso: Debida al peso de todos los objetos que puedan gravitar por el uso.

Las dimensiones y peso de la maquinaria son los siguientes:

	Dimensiones [a x b x c] (m)	Peso (Kg)
Smart Apex	1,4 x 1,2 x 2,1	682
CAD 4	1,31 x 0,9 x 1,87	500
X-Pert	1,37 x 1,08 x 1,96	1250
Rigaku CCD	1,2 X 1,04 x 1,95	522
Rigaku Spyder	1,07 x 0,8 x 1,8	324

**Tabla 6. Dimensiones y pesos de los difractómetros**

Para cada tipo y parte del edificio hay establecido un valor de sobrecarga de uso adecuado al destino que vaya a tener, en el caso del SDRX al tratarse de un edificio docente el valor es de  $300 \text{ kg/m}^2$

Una vez establecidas estas acciones se combinan.

### 5.1.2.1.3 Verificación de los estados límite

A partir de los datos aportados se generarán unos modelos para la determinación de los estados límite.

El estado límite es una situación que si es superada puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada:

- Estado límite último es aquel que causa una puesta fuera de servicio de la estructura por colapso o ruptura.

- Estado límite de servicio es aquel que al ser superado se incumplen requisitos fundamentales de funcionalidad, comodidad, durabilidad u otros requerimientos que se hayan establecido.

#### **5.1.2.1.3.1 Verificación de los estados límite últimos**

A fin de verificar la seguridad estructural se debe determinar si los efectos producidos por las acciones anteriormente descritas son inferiores a la capacidad de resistencia de la estructura.

Con la información aportada sólo se puede generar un modelo para obtener las envolventes de esfuerzo de los distintos elementos que configuran la estructura portante (jáceras, nervios,...) del espacio del SDRX. El estudio de este modelo no entra dentro de los límites de este proyecto.

Este modelo ha sido creado con el software CYPECAD, herramienta informática basadas en métodos matriciales de rigidez. Se introducen los datos correspondientes al tipo de hormigón, las acciones (sobrecarga asociadas por uso docente y peso y ubicación de los difractómetros) y las dimensiones de los elementos portantes.

De este modelo se obtienen las envolventes de esfuerzos que sirve para saber que es lo que tendría que aguantar los elementos portantes (forjado, jáceras,...)

Para determinar los esfuerzos de agotamiento o de recuperación se necesita saber la geometría de los diferentes elementos estructurales y el despiece del armado, pero al carecer de dicha información sólo se puede indicar el despiece válido teórico.

En el Anexo B, se hace una propuesta del armado mínimo necesario que tendría que tener la estructura.

#### **5.1.2.1.3.2 Verificación de los estados límite de servicio**

En evaluación de la fiabilidad de una estructura debe verificarse que los valores de cálculo de los efectos de las acciones sean menores que los valores de cálculo límites.

Para verificar si el grado de deformación es aceptable para el uso, es estrictamente necesario conocer exactamente el armado correspondiente para determinar las flechas instantáneas. Al no disponer de esta información, no se pueden dar resultado a este punto.

#### **5.1.2.1.3.3 Comparación**

Para determinar si la estructura es capaz de soportar las solicitudes, se debería hacer una comparativa del modelo obtenido de los estados límites últimos con el proyecto

original de la Universidad, para poder decidir si el armado existente actualmente es suficiente (comparando las áreas del armado de las diferentes secciones en el proyecto)

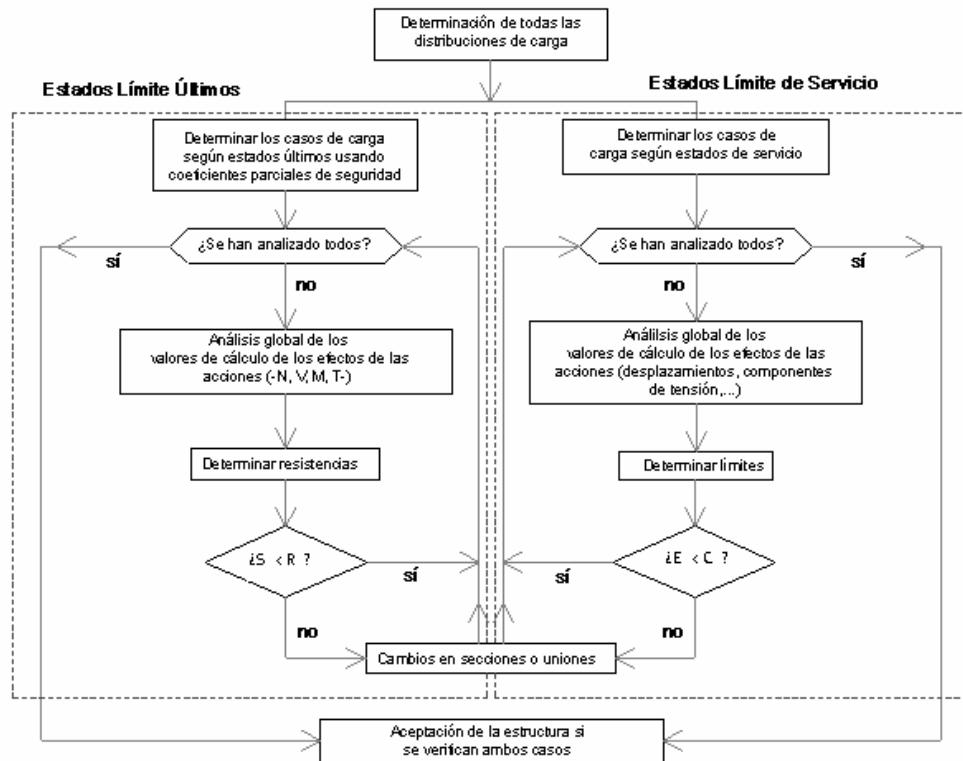


Figura 24. Comparación entre estados límites últimos y de servicio

### 5.1.3 Soluciones propuestas

#### 5.1.3.1 Distribución de cargas:

##### 5.1.3.1.1 Introducción

Aceptando que la losa de reparto es capaz de asumir los esfuerzos de servicio, únicamente sería necesario un elemento de transición entre la losa de hormigón de reparto y las patas de la máquina, pudiéndose solucionar mediante la previsión de una chapa de acero en los apoyos del equipo.

En cambio, si la losa no es capaz de asumir los esfuerzos de servicio debería estudiarse la previsión de elementos lineales (perfil metálico) que por si solo pueda cumplir la misión transmisión de carga hacia los nervios de hormigón.

##### 5.1.3.1.2 Metodología

Aceptando este último caso por no conocerse los esfuerzos límite de servicio, se propone la colocación de 3 perfiles IPE100 separados 0.80 m que hagan de puente entre dos nervios con la colocación de una chapa de acero S275 de 1,6 x 1,6 m. Para conocer el grosor de la chapa se utiliza la metodología del punto 5.2.1 (Anexo B.2).

Al no disponer los datos de la geometría y situación de las patas que sustentan los difractómetros, se utilizará el caso más desfavorable: difractómetro de más peso (X-Pert: 1200kg) en el centro de la chapa sin patas que distribuyan la carga.

Se obtiene una chapa de acero de 10 mm para el caso más desfavorable.

### **5.1.3.2 Pavimento**

Todo el gres del SDRX es retirado y en su lugar se colocará un suelo técnico a una altura de 11 cm (altura de los IPE100 más la chapa de acero) para que todo quede al mismo nivel. Para que no haya ningún tipo de desnivel o escalón con el resto de la planta del edificio se instalará una rampa antes de acceder al SDRX.

El suelo técnico elevado está compuesto por la estructura que sustenta (elementos móviles, que permiten regulación en altura) y baldosas:



**Figura 25. Detalle del suelo técnico Heavy Duty**

La estructura consta de 2 cuerpos de aluminio inyectado:

-Cabeza: Cilindro hueco que rota sobre la base mediante rosca exterior. En la parte superior incorpora 4 patillas antideslizamiento así como una junta de PVC, que está fijada a la cabeza mediante 4 garras que abrochan perfectamente en la cabeza del soporte, con objeto de amortiguar las vibraciones que se producen en la superficie

pisable, actuando además como aislante acústico y facilitando un perfecto asiento del panel.

-Base: Cilindro hueco metálico roscado interiormente que aloja la cabeza, incorpora 8 nervaturas con objeto de repartir cargas y un contrafuerte lateral, con tornillo de bloqueo que impide la movilidad de la cabeza con la base, una vez regulado el soporte a la altura deseada.

La resistencia mecánica a la compresión carga máxima axial sin deformación del modelo escogido (estructura Heavy Duty de la casa Textura y Decoración S.L) es de 10.000 kg, y la resistencia con carga uniformemente repartida es de 2.500 Kg/m<sup>2</sup>.

Las baldosas presentan un núcleo central de tablero de fibras. La parte pisable se colocará un recubrimiento vinílico para prevenir el fenómeno de la electricidad estática.

El resultado es la aparición de cargas electrostáticas que en determinados casos, pueden generar efectos molestos para las personas y perjudiciales para determinados tipos de instrumentos, aparatos electrónicos y de alta precisión.

En el suelo técnico se instalarán las tomas de corriente con 4 enchufes cada una para los ordenadores que estén en el centro de la sala (tal como puede observarse en el Anexo D.4), los cables discurrirán por debajo del suelo técnico.

## 5.2. Insonorización

### 5.2.1 Introducción

La concentración en el trabajo es uno de los factores más importantes tanto en el rendimiento como en evitar accidentes laborales. Para mejorarla o preservarla ha de cuidarse el ambiente sonoro, un ambiente ruidoso puede ocasionar desde trastornos fisiológicos, como la pérdida progresiva de audición, hasta los psicológicos, al producir una irritación y un cansancio que provocan deterioro en la vida cotidiana, tanto en el rendimiento laboral como en la relación con los demás [4] y [5].

En general, se pueden considerar cuatro fuentes de ruido: el procedente del exterior, el de las instalaciones del edificio, el de los equipos de oficina y el producido por las personas.

El tratamiento acústico adecuado y una correcta aplicación de materiales, producen las correcciones necesarias y previenen trastornos.

El aislamiento acústico se define para un elemento divisorio (muro, tabique, puerta o ventana) como su capacidad para aislar acústicamente entre un recinto y otro.

Como los niveles de ruido se constituyen por la suma energética de sus componentes en frecuencias, los niveles globales de aislamiento dependen de la frecuencia. Por lo general la transmisión de ondas acústicas a través de elementos divisorios es más libre para longitudes de onda largas (frecuencias bajas) que para longitudes de onda cortas (frecuencias altas). Las frecuencias de interés para la medición del aislamiento acústico están indicadas en normas internacionales y se ubican entre 100 y 5.000 Hz. En este intervalo de frecuencias se ubica la mayoría de los ruidos que causan molestia en recintos habitacionales.

La magnitud de medida (decibel) representa una relación logarítmica porcentual energética.

Cuando una onda sonora incide en la superficie de un material, ocurren tres fenómenos físicos:

-Reflexión: Porcentaje de energía acústica que refleja la superficie. Se cuantifica en los materiales mediante el coeficiente de reflexión, el cual varía desde 0 a 1.

-Absorción: Porcentaje de la energía acústica que se transforma en calor (dissipación al interior de la superficie). Se cuantifica en los materiales mediante el coeficiente de absorción ( $\alpha$ ), que varía desde 0 a 1.

Por regla general: Coeficiente de absorción + Coeficiente de reflexión = 1

-Transmisión

La reflexión y absorción del sonido dependen de la frecuencia, siendo las altas eficientemente absorbidas por materiales porosos.

La transmisión del sonido no tiene una relación numérica importante con la reflexión y la absorción. Es decir, si la superficie de un muro es más o menos absorbente no influirá de manera notoria en su capacidad de transmitir las ondas sonoras entre recintos. En cambio, la absorción permite que el sonido transmitido sea disipado al interior del recinto receptor.

El aislamiento mínimo necesario entre particiones interiores que separan áreas de usos distintos es de 35 dB [7] y [8].

### 5.2.2 Propuestas de mejora

Los materiales absorbentes están caracterizados por tener una estructura constituida por poros conectados entre sí y con el exterior. Los materiales con estructura de celda cerrada no son admisibles como absorbentes acústicos. Los productos más comunes en el mercado pueden reunirse en dos categorías:

#### a) Materiales fibrosos.

El material más comúnmente utilizado está formado por minerales fundidos, como roca, vidrio, o escoria de horno (derivado sobre todo de la industria siderurgia) que dan origen a materiales denominados lana mineral, lana de piedra (a menudo llamada también lana de roca), y lana de vidrio.

Presentan una elevada resistencia a las altas temperaturas. Las densidades aconsejables son entre los 40 y 70 kg/m<sup>3</sup> ya que valores mayores implicarían un aumento de la reflexión. El espesor es variable según las frecuencias que se desean corregir considerando que en general la absorción aumenta con el espesor. Existen también paneles de viruta de madera aglomerada con magnesita que siendo porosos encuentran aplicaciones similares.

**b) Materiales de estructura celular abierta.**

Los más comunes son las espumas de poliuretano. Están disponible en varios espesores y se presentan con acabados de forma piramidal o alveolar. Otros materiales de este tipo son las espumas de melamina.

El aislamiento al ruido puede conseguirse de distintas forma dependiendo del mecanismo que opera y del tipo de elemento constructivo.

**a) Paredes simples.**

En una pared simple el aislamiento acústico depende principalmente de su masa superficial ( $\text{kg/m}^2$ ). En este caso la pared, bajo el impacto de la onda acústica, vibra y transmite el ruido al local contiguo. Cuanto más ligera y rígida sea la pared menor será su aislamiento.

**b) Paredes dobles.**

El aislamiento acústico se puede incrementar utilizando paredes dobles. Esto sólo puede hacerse en el caso de paredes ligeras ya que cuanto más pesada (y más aislante) sea la pared más nos costará aumentar el aislamiento. La solución pasa por construir dos paredes simples y separarlas a una cierta distancia. Este conjunto proporcionará un aislamiento mayor que el de una pared simple de masa equivalente y representa un sistema masa - resorte – masa.

El incremento de aislamiento puede conseguirse colocando un material flexible y absorbente tipo lana mineral dentro de la cavidad de forma que se incrementa el efecto resorte y se eliminan las ondas estacionarias. Otra forma eficaz sobre todo en el caso de paredes muy rígidas es la utilizar el *efecto membrana*. Este consiste en el colocar en la cavidad un material constituido por una membrana de poco espesor situada entre dos elementos resorte como fieltros o lanas minerales. Los elementos resorte impiden el desplazamiento de la membrana golpeada por las ondas sonora y esto provoca una mayor disipación de energía sonora en energía mecánica con consiguiente aumento del aislamiento.

**c) Paredes de yeso laminar.**

La ventaja de este sistema es la posibilidad de lograr elevados aislamientos con relativamente poca masa respecto a las paredes de albañilería tradicional. Siendo sistemas ligeros tiene un bajo aislamiento a las bajas frecuencias. Para construirlo se utilizan estructuras autoportantes de acero constituidas por canales horizontales a U y perfiles verticales a C de ancho variable. Dependiendo del nivel de aislamiento que se desea alcanzar es posible utilizar una o dos estructuras independientes. El ancho del canal determina la cámara de aire entre las placas que se atornillan en ambos lados de la estructura. Es importante colocar materiales como fibra de poliéster o lanas minerales en el interior de la cavidad para incrementar el aislamiento.

La utilización de una membrana visco-elástica de elevada masa superficial acoplada con placas de yeso hará que esta se deforme al recibir el impacto de la onda reduciendo la transmisión de vibraciones y sonido. Este sistema permite incrementar sobre todo la respuesta a las bajas y medias frecuencias y reducir la frecuencia de resonancia del sistema.

**d) Panel sandwich o panel compuesto**

Compuestos usualmente por dos chapas de acero perfilado y prelacado que otorgan una resistencia mecánica al conjunto y un núcleo de poliuretano o de poliisocianurato que cumple las funciones de aislante térmico y acústico excelentes para cerramientos exteriores y instalaciones industriales:

*1.- Chapas metálicas*

Las superficies de metal son ligeramente perfiladas y el espesor varía de 4 a 7 milímetros por cada chapa, suficientemente robustas como para permitir unas condiciones de seguridad durante su fabricación e instalación. Las más utilizadas son acero galvanizado prelacado y aluminio.

*2.- Espumas rígidas*

Las espumas rígidas mas frecuentemente utilizadas en la producción de paneles compuestos son:

- Poliuretano / poliisocianurato (PUR/PIR)

Los componentes principales de las espumas de poliuretano y de poliisocianurato son:



Poliol, isocianato, un agente de expansión y un activador para controlar la reacción. Las espumas de poliisocianurato (PIR) difieren de las espumas de poliuretano puro (PUR) solo en la relación de mezcla de los componentes (poliol e isocianato). Esta relación es de aproximadamente 100:150 en el PIR con el 100:100 para el PUR. Esta diferencia de composición ofrece al material final propiedades diferentes a causa de la diferente estructura química, incluso si el proceso de espumado y las propiedades mecánicas y físicas normalmente son parecidas.

- Resina fenólica (PF).

Estos dos materiales tienen una estructura con aproximadamente el 90% del material de células cerradas, y una baja inercia térmica. Además, se los llama termoindurables, lo que significa que, una vez moldeadas, estos no pueden cambiar su forma debido a la amplia formación de uniones entre moléculas.

### *3.- Materiales inorgánicos: Lana mineral o lana de roca*

De los tipos antes mencionados, la lana mineral, con roca natural como material de inicio, tiene la mejor resistencia a las elevadas temperaturas y la mejor resistencia a la humedad.

## 5.2.3 Solución escogida

A partir de esta información se decide acondicionar las zonas de la siguiente forma:

### **5.2.3.1 Divisiones interiores**

#### Cerramientos:

Los cerramientos divisorios del perímetro del área de despachos serán:

- Tramo inferior que comprende la distancia desde el suelo hasta 1,05 m de altura, realizado mediante un doble panel de chapa de acero de espesor de 8/10 mm con un núcleo aislante de lana de roca de alta densidad. El acabado superficial es un lacado con pintura epoxy-polyester sometida a altas temperaturas de color blanco.
- Tramo intermedio que comprende la distancia desde 1,05 m hasta 2,70mX m de altura, realizado con doble vidrio de 6 mm con cámara aislante.
- Tramo superior que comprende la distancia desde 2,70 m de altura hasta 2,95 realizado mediante un doble panel de chapa de acero de espesor de 8/10 mm con un núcleo aislante de lana de roca de alta densidad. El acabado superficial es un lacado con pintura epoxy-polyester sometida a altas temperaturas de color blanco:

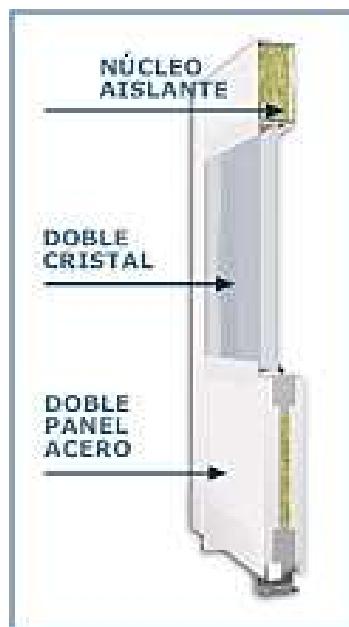


Figura 26. Perfil de la mampara

#### Puertas:

El acceso a los despachos se realizará mediante la instalación de una puerta de acceso en cada uno de los despachos tal como se puede ver en los planos. Estará realizada de los mismos materiales de los que están hechos los cerramientos, su apertura se realizará de forma desde el interior.

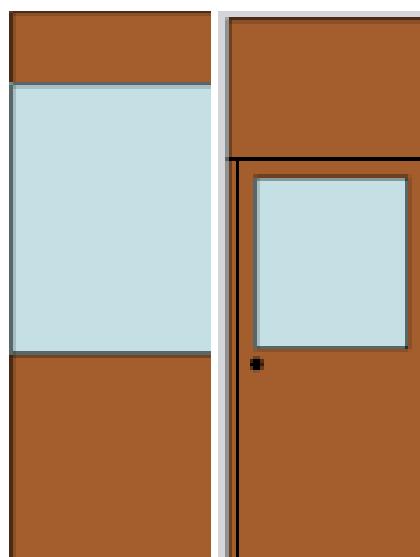


Figura 27. Detalle del cerramiento y de la puerta

#### Estos cerramientos y puertas:

-Resuelven la ordenación de los espacios de trabajo mediante un sistema de perfiles autoportantes que permiten configurar ángulos a 45º o 90º.

- Favorece el confort de los usuarios gracias a un excelente nivel de aislamiento acústico de 38 dB(A)
- Disminuye los riesgos para la salud de los usuarios porque no posee elementos susceptibles de favorecer los desarrollos microbianos y no genera gases ni humos tóxicos en caso de incendio.
- Respeta al medio ambiente porque la lana de roca es químicamente inerte y no contiene ningún producto agresivo ni corrosivo.
- Es totalmente reutilizable porque sus elementos son intercambiables, de fácil montaje, desmontaje, ampliación o reconfiguración.

El panel escogido es el Panel sándwich DP5 SIC de la casa SIC, con un espesor total de 85 mm.

#### **5.2.3.2 Techo**

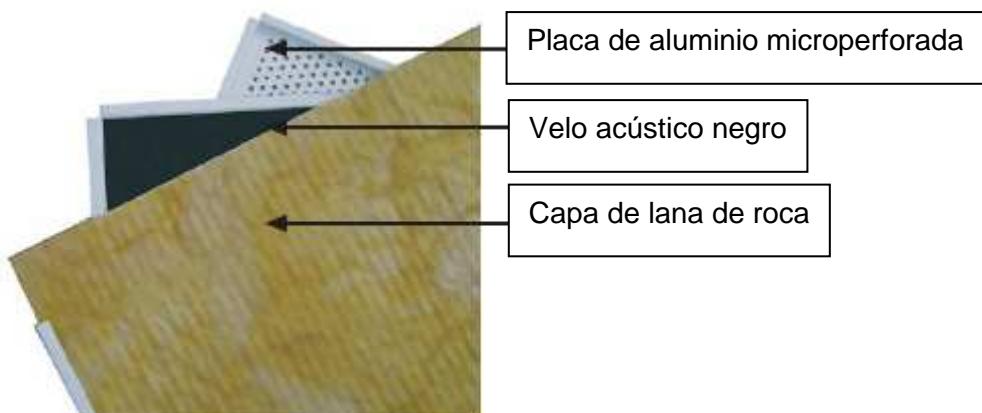
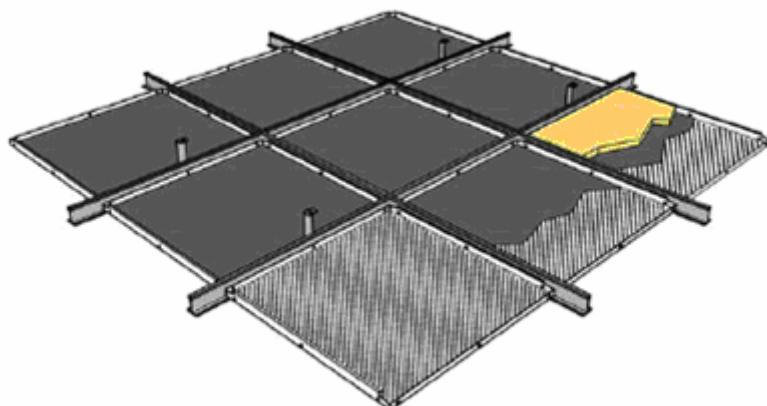
El techo de toda el área del SDRX estará realizado mediante un sistema de falso techo. Es posible escoger entre diferentes materiales, tipos de acabados y disposición:

Sistema	Materiales	Tipos	Sustentación
Modular	Fibra	Wet-Felt (Techos duros) Composición: basalto, celulosa y aglomerantes	Perfil visto Perfil semivisto
		Soft-Ceiling(Techos blandos): Composición: Lana mineral con distintos acabados	Perfil oculto (T, Z)
	Viruta madera	Lisos	Perfilería Montantes Canales Maestras
	Metálicos	Perforados	
	Otros: Yeso laminado Escayola PVC	Rugosos	
		Con lámina vinílica	
		Sin lámina vinílica	

Continuo	Yeso laminado Escayola	Semidirectos Suspendidos	Sistema ad-hoc
----------	---------------------------	-----------------------------	----------------

**Tabla 7. Sistemas y materiales para el falso techo**

El sistema escogido, es un entramado de perfilería metálica sobre el que se apoyan las placas bandejas modulares de 60 x 60 cm, realizadas en chapa de aluminio post-lacado de color blanco con un velo acústico negro y una capa de lana de roca absorbente del ruido que le proporcionará unas condiciones de absorción acústica de 0,75 y un aislamiento de 41 dB. La suspensión al forjado estará realizada mediante perfilería metálica:

**Figura 28. Detalle de la composición del entramado del falso techo****Figura 29. Detalle del conjunto del falso techo**

La altura libre resultante tras la instalación de los techos técnicos mencionados, será de 2.80 m.

Este falso techo permite la ocultación de conductos eléctricos, tuberías e instalaciones de ventilación y aire acondicionado. Ciertas placas son sustituidas para colocar las luminarias y el aire acondicionado.

Se comprueba con la herramienta de cálculo del Documento Básico de Protección frente al ruido (DB-HR) si la solución escogida cumple los requisitos mínimos de 35 dB de aislamiento para cada sala (ver Anexo C):

- Sala difracción aislamiento de 51 dB
- Despacho 1 (Grande) aislamiento de 57dB
- Despacho 2 (Pequeño) aislamiento de 58 dB

Por lo que se puede afirmar que la solución escogida es suficiente y supera el valor mínimo exigido.

## 5.3. Iluminación

### 5.3.1 Introducción

El bienestar, estado de ánimo y fatiga se ven afectados por la luz y el color, que tan perjudicial puede ser el exceso como la escasez de luz. Para el diseño es importante una buena distribución de la iluminación, distribución de luminancias y la composición espectral de la luz para que se den las siguientes condiciones [4] y [5]:

- Iluminar uniformemente para permitir la adecuada visualización de los objetos y entornos.
- Evitar deslumbramiento y los parpadeos y así facilitar el confort visual.
- Contraste y color adecuado (la utilización de colores claros disminuye de forma importante las necesidades de iluminancia, ahorrando, por tanto, en la potencia de iluminación).
- Buena definición del color.

Existen recomendaciones de iluminación así como de las iluminancias (lux) adecuadas para cada lugar y actividad de trabajo. El en SDRX la luminancia requerida será de 500 lux de media.

### 5.3.2 Propuestas de mejora

#### 5.3.2.1 Iluminación natural

Unas amplias ventanas en los lugares de trabajo desempeñan un importante papel como medio de contacto visual entre el interior y el exterior. Reducen la sensación de claustrofobia y permiten la visión lejana, disminuyendo la fatiga visual, influyen en la iluminación del recinto y si son practicables, posibilitan la renovación del aire en caso de necesidad, aunque también tienen el inconveniente de permitir la transmisión de ruidos externos y de ser una vía de propagación de incendios.

Las ventajas son:

- Fuente inagotable y gratuita.
- Calidad cromática óptima.
- Niveles de iluminación muy elevados (ventaja o inconveniente según los casos).
- Bajos costos de instalación.
- Bajo costo de mantenimiento.

En contra:

- No es disponible a voluntad.
- Elevadas variaciones de intensidad.
- Competencia con el aislamiento térmico (bajo aislamiento/efecto invernadero).
- Puede producir fuertes deslumbramientos aún sin incidencia directa.

### **5.3.2.2 Iluminación artificial**

- Disposición de los focos de luz:

- \* Directa: El 90-100% del foco luminoso se dirige hacia abajo, y el 0-10% hacia arriba. Produce sombras claras y existe riesgo de reflejos brillantes.
- \* Semidirecta: El 60-90% del flujo luminoso se dirige hacia abajo y el 10-40% hacia arriba. Adecuado para talleres de poca altura y paredes claras.
- \* Mixta: El 40-60% hacia abajo, y el 40-60% hacia arriba. No hay contrastes y las sombras están suavizadas.

- Incandescentes:

La fuente es de una gran luminancia pero generan mucho calor. Las lámparas halógenas tienen un rendimiento mejorado y puede utilizarse para iluminaciones potentes y localizadas.

- Fluorescentes:

El rendimiento luminoso es bueno (lámparas fluorescentes compactas duran entre 6 y 10 veces más que las incandescentes convencionales), y son adecuados para obtener altos niveles de luminancia en iluminación general (las lámparas fluorescentes compactas poseen entre un 20 y un 25% de la potencia de una incandescente, siendo capaces de proporcionar el mismo nivel de iluminación, por lo que su consumo es un 75 u 80% inferior).

Tiene los inconvenientes de: el centelleo visible sobre todo en los extremos (aumenta con el envejecimiento) que puede provocar fatiga ocular, incluso provocar crisis de epilepsia en individuos predisuestos. Es necesaria una disposición cuidadosa de rejillas y difusores.

### **5.3.3 Solución escogida**

Para comenzar el diseño de la iluminación, es imprescindible saber la cantidad de luz (lux) que se necesita en el área en que atañe este proyecto. Se considera que el nivel de

iluminación adecuado tanto para la zona de trabajo como para la zona de despachos es de 500 lux.

Para el cálculo de la iluminación se ha utilizado el programa de cálculo LUX IEP. Este programa como premisa para empezar el cálculo requiere saber el nivel de luz del cual se quiere disponer y del tipo de luminaria que se quiere instalar.

Para conseguir unas condiciones de iluminación óptimas, se adopta la decisión de la instalación de:

- 18 luminarias (LFS P - 4T81741-E1 60 x 60 cm de la casa Iltel) con 4 fluorescentes cada uno de 18W (F18W/133 de luz blanca G13 de 59 cm de longitud y 2,6 cm de diámetro de la casa Sylvania), para la iluminación de todo el espacio existente. Las luminarias estarán empotradas en el falso techo.



Figura 30. Detalle de la luminaria

El cálculo y posición de los punto de luz indicados puede observarse en el Anexo D.

La iluminación puntual con lámparas fluorescentes en el caso de que están situadas cerca del plano de trabajo o con halógenos. Para la iluminación del área cercana a la pantalla de ordenado se puede utilizar un fluorescente debajo una estantería o una lámpara de baja potencia en la mesa de trabajo.

La limpieza y buen estado de las lámparas y luminarias puede dar lugar a un ahorro de hasta un 20% en el consumo de electricidad para iluminación respecto del caso de no realizarlo.

- Elementos vidriados

Aprovechando las obras, se ampliarán las ventanas que dan al exterior siguiendo la línea del resto del edificio. Pasará a ser un espacio de 620 x 59cm a 620 x 148cm, lo que supondrá una gran entrada de luz natural. Estas ventanas dispondrán de persianas.

## 5.4. Climatización

Con tal de mantener las condiciones de temperatura necesarias para garantizar las actividades que se realizan en el Servicio de Difracción de Rayos X y posibilitar la perfecta conservación de los componentes e instrumentos, es necesaria la existencia de una instalación de aire acondicionado que mantenga una temperatura estable de  $20^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$  [4] y [5].

Se comprueba si el sistema de climatización que existe actualmente bastará para climatizar la nueva área, el modelo que hay ahora es el CS-4TV11NP de Panasonic el cual tiene una capacidad de enfriamiento a 50/60 Hz de 10.000 Frigorías/hora.

Para saber si este sistema de climatización es capaz de funcionar a las condiciones necesarias se ha de conocer la carga de refrigeración (velocidad a la cual debe ser el calor eliminado de un espacio) expresado en frigorías/hora que se necesita para el espacio a tratar.

Para hacer el cálculo de estas cargas, según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [11], se necesita saber cuales son las cargas interiores y exteriores que se tienen.

Las cargas exteriores que se consideran a la hora de hacer el cálculo dependen de:

- Paredes, suelo y techo
- Superficie de vidrio y orientación
- Superficie de ventilación
- Filtraciones

Y para cargas interiores:

- Ocupantes
- Iluminación
- Maquinaria y equipos
- Instalación

Teniendo en cuenta estos factores y haciendo uso del software CalculoAire (ver Anexo E) se obtiene que la cantidad de frigorías necesarias para refrigerar la nueva Sala del Servicio son: 10.395 Frigorías/hora.

Por lo tanto, el sistema actual de aire acondicionado no es capaz de asumir los requisitos requeridos de refrigeración. Se decide instalar un pequeño aparato que de servicio a los despachos y el equipo actual actuará en la sala de máquinas.

El nuevo aparato será el KIT-E18-DB4E de la casa Panasonic con una capacidad frigorífica de 4.900 frigorias/hora y una capacidad calorífica de 6.110 kcal/hora, para ofrecer a la zona de despachos tanto refrigeración como calefacción.

La unidad interior (57.5 x 57.5 cm) irá empotrada en el falso techo y los conductos de impulsión y retorno discurrirán por el falso techo la unidad exterior.



**Figura 31. KIT-E18-DB4E unidad interior**



**Figura 32. KIT-E18-DB4E Unidad exterior**

## **5.5. Instalación de agua**

### **5.5.1 Introducción**

Aunque no es objeto del proyecto el diseño del circuito cerrado de agua para la refrigeración de los difractómetros, las observaciones realizadas en las actuales instalaciones del SDRX, permiten dar algunas recomendaciones para la nueva instalación.

### **5.5.2 Recomendaciones de materiales**

En las actuales instalaciones de agua realizadas con tuberías de cobre y codos de hierro se observan puntos de corrosión y tuberías en mal estado. Estos puntos de oxidación se han ido sustituyendo con el tiempo por acero. Para evitar la corrosión se realiza un estudio de los posibles materiales a utilizar. Los materiales que se han estudiado son para evitar corrosión en el futuro aunque se tuvieran que hacer modificaciones o ampliaciones:

#### **5.5.2.1 Acero galvanizado**

Acero dulce, con bajo contenido en carbono. Es un tubo de elevada resistencia mecánica y, por ello, permite instalaciones muy duraderas.

Los tubos de acero nunca deben estar en contacto con el yeso húmedo (su peor enemigo en obra), los oxicloruros (pisos magnésicos) y las escorias (sulfuros), que pueden atacar al tubo y terminar por perforarlo; cuando vaya enterrado directamente en el terreno se debe proteger con vendas bituminosas. Es atacable también por las aguas ácidas ( $\text{pH} < 7$ ).

#### **5.5.2.2 Cobre**

Este metal ofrece una gran resistencia a la corrosión, pues se oxida rápidamente al contacto en el aire o con el agua, formándose una finísima capa de óxido que lo autoprotege de la posterior oxidación.

Tiene unas pérdidas de carga muy reducidas, ya que tiene un acabado interior totalmente liso, considerándose un tubo hidráulico de gran calidad.

Es un material de fácil instalación y fácil mecanizado.

### **5.5.2.3 Fundición**

La materia prima para la fabricación de este tipo de tuberías es la fundición gris ( $> 3\%$ ), con grafito laminar o esferoidal, presentando en su fractura grano fino, regular, homogéneo y compacto.

El tubo de fundición presenta una gran resistencia mecánica y durabilidad, pero es quebradizo por impacto o golpe, sin embargo, tiene una gran rigidez, por lo que es un tubo muy resistente a las sobrecargas.

Este tipo de tubería soporta muy bien la corrosión, debido a su porcentaje elevado de carbono, pero no obstante, en ambiente o medios muy agresivos se protegen tanto interior como exteriormente con asfalto, betún, minio, alquitrán, resinas vinílicas o epoxi y cemento. Es atacado por las aguas ácidas, en cuyo caso será protegido interiormente. Además, se debe evitar el contacto con el yeso húmedo.

### **5.5.2.4 Materiales plásticos**

La materia prima utilizada para la fabricación de estos tubos será el policloruro de vinilo (PVC) y el polietileno, ambos materiales termoplásticos, lo cual les permite mediante calentamiento poderlos adaptar a cualquier trazado, quedando con su forma al enfriarse. Estos tubos, por tanto, para conducciones de agua fría son aptos, pero no lo son tanto para el agua caliente, debido a su termoplasticidad.

Los tubos de PVC, por lo general, son rígidos, si bien existe un tipo semi-rígido que viene en rollos. Los de polietileno tienen características diferentes, si son de baja densidad son blandos (flexibles y manejables) y si son de alta densidad son duros (soportan mejor las altas temperaturas hasta 70 °C).

Las características más destacables de estos tubos son:

- Gran ligereza.
- Gran conformabilidad en caliente, que permiten de una forma sencilla y rápida, curvarse, desviarse, etc, para adaptarse a cualquier trazado.
- Gran lisura interior, que proporciona una pérdida de carga muy pequeña.
- Buen comportamiento frente a las presiones usuales en las instalaciones de agua fría.
- Gran resistencia a los agentes químicos y a las incrustaciones de las impurezas que puedan contener las aguas.
- Buen aspecto, con un acabado externo agradable.

El tubo de polipropileno tiene unas características muy importantes, que lo hacen idóneo para su utilización como tubería para instalaciones de fontanería (agua fría), y también para su utilización con agua caliente, tanto en instalaciones de agua caliente sanitaria, como para calefacción por suelo radiante, pudiendo trabajar con garantía hasta temperaturas de 90 °C.

Dadas estas características se propone el uso de tuberías de polipropileno y uso de accesorios compatibles con él y que no provoquen corrosión.

### 5.5.2 Recomendaciones de diseño

En el circuito cerrado de agua deben existir para cada difractómetro:

- Válvulas para el control del caudal.
  - Filtros, que deberán situarse aguas arriba del elemento a proteger y podrán ser retirados una vez terminada de modo satisfactorio la eliminación de todos los residuos sólidos arrastrados por el fluido.
  - Instrumentos de medida: termómetro cuya escala deberá ser adecuada a la temperatura del fluido (°C) y medida de la presión hidrostática (bar).
- Todos estos aparatos se situarán en lugares accesibles y bien iluminados.

La ejecución de las redes de tuberías se realizará de manera que no dañe el resto del edificio, conservando las características del agua de suministro respecto de su potabilidad, evitando ruidos molestos, procurando las condiciones necesarias para la mayor duración posible de la instalación así como las mejores condiciones para su mantenimiento y conservación.

El trazado de las tuberías vistas se efectuará en forma limpia y ordenada.

La ejecución de redes enterradas atenderá preferentemente a la protección frente a fenómenos de corrosión, esfuerzos mecánicos y daños por la formación de hielo en su interior.

Las tuberías de agua fría debe hacerse de tal modo que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deben discurrir siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una distancia de 4 cm, como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría debe ir siempre por debajo de la de agua caliente.

Las tuberías deben ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

## 5.6 Seguridad

### 5.6.1 Introducción:

Las instalaciones radiactivas se dividen en tres categorías:

#### Primera categoría:

- Fábricas de producción de uranio, torio y sus compuestos.
- Fábricas de producción de elementos combustibles de uranio natural.
- Instalaciones que utilicen fuentes radiactivas con fines de irradiación industrial.

#### Segunda categoría:

- Donde se manipulen o almacenen nucleidos radiactivos, cuya actividad total sea igual o mayor de 1000 veces la de exención que se establezca reglamentariamente.
- instalaciones que utilicen aparatos de rayos X que puedan funcionar con una tensión de pico superior a 200 kilovoltios.
- Los aceleradores de partículas y las instalaciones donde se almacenen fuentes de neutrones siempre que no proceda su clasificación como de 1<sup>a</sup> categoría.

#### Tercera categoría:

- Instalaciones donde se manipulen o almacenen nucleidos radiactivos cuya actividad total sea superior a la de exención que se establezca reglamentariamente o inferior a 1000 veces ésta.
- Instalaciones que utilicen aparatos generadores de rayos X cuya tensión de pico sea inferior a 200 kv.

El SDRX se encuentra dentro de la tercera categoría.

Las autoridades competentes en todas las instalaciones radioactivas corresponden Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) [6].

Las competencias de las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría se atribuyen a las Comunidades Autónomas cuando éstas tengan transferidas dichas funciones.

En Cataluña existe la red creada por el Servei de Coordinació d'Activitats Radiològiques (SCAR) que es la administración competente para la concesión de una autorización o modificación significativa de una instalación o actividad. Con carácter previo a

la emisión de dicha autorización o modificación, se da traslado al CSN del informe de seguridad o información suficiente sobre la cuestión.

Tras la evaluación de esta información por parte del CSN, si este organismo concluyera que no se puede descartar un incremento del riesgo de la instalación, como resultado de la nueva instalación o actividad, o la modificación de la instalación o actividad ya existente, podrán derivarse medidas a implantar, tanto en la instalación nuclear o radiactiva como en la instalación o actividad no nuclear.

Por lo que una vez aceptada la distribución de espacios del SDRX por el CSN, no se puede modificar la disposición de los difractómetros.

### 5.6.2 Protección frente a la radiación

La protección contra las radiaciones ionizantes en el SDRX incluye una serie de medidas ya que pueden conllevar un riesgo biológico para sus usuarios [7]:

-Protección estructural:

La sala de difracción se ubica en un área de acceso restringido por barreras físicas (mamparas y puertas) a personal no autorizado.

-Señalización de la zona:

Se identifica el recinto de difracción con un cartel de aviso de “Riesgo de radiación” en las dos puertas de acceso i en el interior de la sala de difracción.



Figura 33. Cartel de peligro Radiación

-Cumplimiento de los límites anuales:

Los límites de dosis anuales son establecidos por el CSN para que no sean superados, intenta que las dosis que reciban los usuarios resulten tan bajas como sea posible.

El SCAR se encarga de la vigilancia de los campos de radiación ionizante ambiental mediante sondas para la medida de la tasa de dosis ambiental y sensores para la medida de

la concentración ambiental de radionucleidos de origen artificial emisores de radiación alfa y beta.

El control de las dosis de radiación recibidas por los trabajadores expuestos a las mismas se realiza, en la mayoría de los casos, mediante una vigilancia individual por medio de dosímetros físicos de carácter pasivo.

-Revisiones médicas periódicas de los usuarios que trabajan con radiaciones ionizantes.

## 6. Consideraciones ambientales

El impacto ambiental que puede observarse con la puesta en servicio de las soluciones propuestas es:

-Aumento de consumo de energía eléctrica a través de la puesta en funcionamiento de los dos nuevos difractómetros, el nuevo aparato de aire acondicionado y las nuevas luminarias (aunque estas aportan más luminosidad con menos watt de consumo, poseen una vida útil muy larga y tienen poca pérdida de energía en forma de calor)

-Aumento del consumo de agua al ampliarse el circuito cerrado de refrigeración aunque este aumento es mínimo y el agua que circula por las tuberías en la misma.

- Aumento del nivel de calor generado al exterior al ampliar la instalación del aire acondicionado.

Otro aspecto a tener en cuenta, es la generación de más residuos procedentes de la preparación de muestras tras la ampliación del SDRX.

Con la ampliación de los espacios del SDRX y en concreto el perteneciente al espacio destinado a la difracción, crece el peligro de radiación con lo que aumenta el riesgo biológico para los usuarios.

## 7. Costes

Se describe de forma detallada los costes del estudio y diseño del proyecto así como los costes de material a utilizar.

### 7.1 Coste Realización Proyecto:

## Coste Realización Proyecto

Proyecto:	Rediseño del Servicio de Difracción de Rayos X de la UAB				
Fecha:	jun-08				
		Planteamiento	Desarrollo	Repaso	Total
PREVIO	Visita	3,00	7,00	10,00	20,00
	Toma de Datos	3,00	10,00	2,00	15,00
MEMORIA	Generalidades	10,00	240,00	8,00	258,00
PLANOS	Preparación	2,00	15,00	2,00	19,00
ARCHIVO PDF	Memoria	1,00	1,00	1,00	3,00
ENCUADERNACION	Impresión	1,00	4,00	1,00	6,00
	Encuadernación			1,00	1,00
TOTAL					322,00
Coste / Hora	31,00 €		Coste Total		9.982,00 €
MATERIALES	Papel A4	130	390	0,10 €	39,00 €
Nº de Copias:	Papel A3	3	9	0,20 €	1,80 €
3	Papel A2	0	0	0,30 €	- €
	Tóner		2	15,00 €	30,00 €
	CD		1	1,00 €	1,00 €
	Canutillo y tapas		3	2,50 €	7,50 €
			Total		79,30 €
TRANSPORTE	Visitas		12	1,30 €	15,60 €
			Total		15,60 €
COSTE TOTAL					10.076,90 €

Tabla 8. Costes de realización del proyecto

## 7.2 Coste material:

Coste de los materiales sin instalación:

### Coste Materiales

Proyecto: **Rediseño del Servicio de Difracción de Rayos X de la UAB**

Fecha: **jun-08**

Cantidad	Artículo	Precio/unidad	Precio Total
12	Vigas IPE 100 de 1,6m de largo	95,49 €/m	1.833,41 €
100m <sup>2</sup>	Suelo Técnico Heavy Duty	73 €/m <sup>2</sup>	7.300 €
15	Mampara doble panel de acero con núcleo aislante de lana de roca (1m x 2,75m)	306 €/panel	4.590 €
100m <sup>2</sup>	Falso techo de placa de aluminio microperforado con lana de roca	43 €/m <sup>2</sup>	4.300 €
18	Luminaria LFSP-4T81745-E1	52 €	936 €
72	Tubo fluorescente F18W/133 G-13	9 €	648 €
2	Aire acondicionado Panasonic KIT-E18-DB4E	1.519 €	3.038 €
1	Mesa redonda de oficina	199 €	199 €
<b>Total</b>			<b>22.844,41 €</b>

Tabla 9. Costes de material

## 7.3 Coste Total:

El coste total del proyecto asciende a **32.921,31 €.**

## Conclusiones

Se evidencia la importancia de la opinión y observación de los usuarios y artefactos a la hora de realizar un proyecto para identificar sus necesidades para poder dar solución a ellas.

El espacio total del que se dispondrá para el SDRX después de la ampliación continúa siendo insuficiente para ubicar máquinas y personas de forma adecuada para poder realizar un trabajo eficiente y ergonómico, haciendo difícil la ubicación una sexta máquina sin retirar ninguna de las existentes.

La salida al mercado de nuevos materiales podría hacer mejorables las propuestas del proyecto, pero se han estudiado materiales de uso comercial en el momento de la realización del proyecto.

Se ha comprobado la gran cantidad de herramientas informáticas que permiten al Ingeniero realizar cálculos para facilitar el trabajo pero teniendo el suficiente criterio profesional para saber utilizarlos.

La importancia de realizar un estudio de las propiedades y características de los materiales existentes para poder aplicarlos en la resolución de problemas, por lo que demuestra el valor que tiene Ingeniería de Materiales dentro de los proyectos de Ingeniería.

## Agradecimientos

Quisiera mostrar mis agradecimientos a mi directora de proyectos Águeda García Carrillo por orientarme y estar tan involucrada con mi proyecto.

Agradecer los valiosos consejos y opiniones de Ángel Álvarez.

A mi familia y a Javier Cabo que no han dejado de apoyarme y entenderme en todo momento.

No puedo olvidar la ayuda desinteresada que me han ofrecido mis amigos Juan Martínez y Manuel Trejo y mi compañero de trabajo Joan Munté.

## Bibliografía

### Referencias bibliográficas

- [1] GRACIA-CARRILLO,A; GRACIAS, S; ESTAY, C; CISTERÓ, J; FERNANDEZ-ROS, J. ÁLVAREZ-LARENA, A. (2007) "Metodología de enseñanza-aprendizaje en diseño de Proyectos de Ingeniería". *AFINIDAD*, LXIV (529) : 456-463
- [2] MUTHER, R. *Distribución en planta*. Barcelona: Hispano Europea, S.A., 1981. 4<sup>a</sup> Edición
- [3] BLASCO, J. *Los artefactos y sus proyectos*. Barcelona: Edicions UPC, 2000.
- [4] MONDELO, P.R, GREGORI, E y BORRAU,P. *Ergonomía 1. Fundamentos*. Barcelona: Edicions UPC, 1994.
- [5] Real Decreto 783/2001. Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE núm. 178, de 26 de julio 2001.
- [6] Real Decreto 1836/1999. Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas de 3 de diciembre. 3 de diciembre de 1999
- [7] NBE-CA-88. Norma Básica de la edificación NBE-CA-88, sobre condiciones acústicas en los edificios.
- [8] Llei catalana 16/2002. Protecció contra la contaminació acústica. Generalitat de Catalunya, de 28 de juny 2002.
- [9] NBE AE-88. Acciones en la Edificación
- [10] NBE EA-95. Estructuras de acero en Edificación
- [11] Real Decreto 1751/1998. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). de 31 de julio de 1998

### ***Bibliografía complementaria***

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Difracci%C3%B3n\\_de\\_rayos\\_X](http://es.wikipedia.org/wiki/Difracci%C3%B3n_de_rayos_X)
- <http://www.angelfire.com/mi3/mambuscay/Art6.htm>
- <http://www.constructionsystems.bASF-CC.es>
- <http://www.csn.es>
- [http://www10.gencat.net/sac/AppJava/organisme\\_fitxa.jsp?codi=5401](http://www10.gencat.net/sac/AppJava/organisme_fitxa.jsp?codi=5401)
- <http://tecnO.upc.es/C1/Vocabulari/>
- [www.refrigeracionindustrial.com](http://www.refrigeracionindustrial.com)
- <http://www.texturadecoracion.com/>
- [www.soloingenieria.net](http://www.soloingenieria.net)

## Resumen

El presente proyecto tiene como objeto el estudio de la ampliación de los espacios del Servicio de Difracción de Rayos X (SDRX) de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

Para dicha ampliación se dispone de una sala adyacente.

Con esta área adicional, se deben rediseñar los espacios disponibles del SDRX para difracción y para oficinas para su actualización adaptando la zona a las nuevas tecnologías. En el espacio de oficinas, se diseñan dos zonas diferenciadas, una de ellas debe tener cabida para hacer reuniones y atender a los usuarios. En el espacio de difracción se ubican dos nuevas máquinas además de las instaladas actualmente.

El estado actual del Servicio y sus usuarios establecen los requisitos de la reforma y las necesidades que presenta este proyecto. Mediante un análisis de los usuarios se conocen las necesidades del Servicio y se lleva a cabo la revisión pertinente de las instalaciones a remodelar.

Se justificarán las soluciones adoptadas para cada uno de los ámbitos de estudio como son la distribución en planta, seguridad estructural, protección contra el ruido, ventilación e iluminación.

La memoria presenta los requisitos del proyecto justificando las decisiones y soluciones adoptadas.

Los puntos que incluye este proyecto son dirigidos al ámbito académico por lo que no tendrá validez como proyecto ejecutivo de obra civil.

