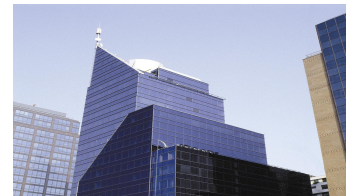
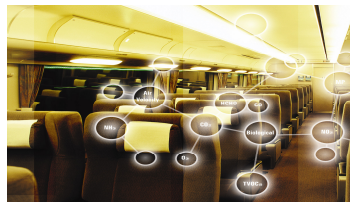


## *Inspección de Calidad Ambiental en Interiores*



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE  
DEPURACION DE AIRE POR EL EQUIPO  
DE T.D.I : 00-TORRE-HC**

Firmado:

14 de Julio de 2006  
Gustavo Pérez  
Departamento de medio ambiente y prevención



## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. OBJETO .....   | 2  |
| 2. DESARROLLO.....  | 2  |
| 1ª Fase:.....   | 2  |
| 2ª Fase:.....   | 3  |
| 3. NORMATIVA .....  | 4  |
| 4. RESULTADOS ANALÍTICOS.....   | 6  |
| PRIMERA FASE: .....   | 6  |
| SEGUNDA FASE: Primera hora.....   | 11 |
| SEGUNDA FASE: Segunda hora .....  | 16 |
| 3. COMPARATIVA Y CONCLUSIONES SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....                                 | 21 |
| Concentración de partículas respirables en suspensión .....                                       | 22 |
| Concentración de monóxido de carbono. ....  | 23 |
| Porcentaje de O <sub>2</sub> en el aire.....  | 23 |
| Concentración de contaminantes químicos (Nicotina y VOC's). ....                                  | 24 |
| Concentración de CO <sub>2</sub> .....  | 25 |
| Condiciones termohigrométricas .....  | 26 |
| Microorganismos en suspensión .....   | 27 |
| CONCLUSIONES FINALES: .....   | 28 |
| ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS MUESTREOS Y MEDICIONES..... | 1  |

## 1. OBJETO

El objeto de este estudio es comprobar la eficacia de depuración mediante dos equipos propiedad de la empresa T.D.I (Tecnología, Diagnostico e Investigación) modelo 00-TORRE-HC de un aire viciado previamente.

## 2. DESAROLLO

El desarrollo del trabajo constó de dos fases:

### **1ª Fase:**

En esta fase se trató de viciar el aire de una sala de 60 m<sup>3</sup> mediante 6 personas que no dejaron de fumar durante una hora.

Además de un ambiente cargado por humo de tabaco, se contaminó más aun el ambiente mediante la apertura de dos frascos que contenían productos químicos emisores de compuestos orgánicos volátiles: Xileno y acetona

**Esta sala no dispone de ningún tipo de extracción ni de sistemas de ventilación mecánicos.** Tan solo se dispone de un split de pared para realizar un ajuste de la temperatura.

Durante esta hora de contaminación de la sala se realizaron mediciones de:

- Concentración de oxígeno en ambiente.
- Concentración de partículas respirables en suspensión.
- Concentración de nicotina en ambiente.
- Concentración de compuestos volátiles orgánicos en ambiente.
- Concentración de monóxido de carbono en ambiente.
- Concentración de CO<sub>2</sub> en ambiente.
- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Microorganismos en suspensión.

## **2ª Fase:**

Los fumadores salen de la sala, se retiran los frascos con xileno y acetona y se ponen en funcionamiento dos equipos de depuración de aire con un caudal de depuración de 350 m<sup>3</sup>/h cada uno.

Con estos dos equipos, se producen 11,6 ciclos de paso del aire de la sala (de 60 m<sup>3</sup>) cada hora por el sistema de filtración.

Los depuradores del aire se mantienen en funcionamiento durante dos horas durante las cuales se realizan las siguientes mediciones:

### **Primera hora:**

- Concentración de oxígeno en ambiente.
- Concentración de partículas respirables en suspensión.
- Concentración de nicotina en ambiente.
- Concentración de monóxido de carbono en ambiente.
- Concentración de CO<sub>2</sub> en ambiente.
- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Microorganismos en suspensión

### **Segunda hora:**

- Concentración de oxígeno en ambiente.
- Concentración de partículas respirables en suspensión.
- Concentración de nicotina en ambiente.
- Concentración de volátiles orgánicos en ambiente.
- Concentración de monóxido de carbono en ambiente.
- Concentración de CO<sub>2</sub> en ambiente.
- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Microorganismos en suspensión

### 3. NORMATIVA

#### *Concentración de partículas respirables en suspensión*

El valor límite para partículas respirables de acuerdo a la vigente tabla de valores límite ambientales (VLA) publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) se encuentra en  $3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  valor que puede adoptarse para ambientes industriales pero que no es válido para ambientes limpios como los que pueden encontrarse en oficinas donde el valor límite debe ser sensiblemente menor.

La nota técnica de prevención del INSHT número 243 establece que para aquellos contaminantes químicos que no tienen un valor de referencia se acepta, siguiendo las indicaciones de ASHRAE, una concentración de un décimo del valor límite que es adoptado como concentración máxima en la evaluación.

Por otro lado los valores de referencia de calidad de aire derivados del consenso de un grupo de trabajo de la Organización Mundial de la Salud sobre contaminantes en ambientes cerrados establece una concentración de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como aquella que supone un efecto nulo o limitado sobre los ocupantes de una zona y  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración sospechosa. Estos valores son considerados como concentraciones mínima y media en la evaluación.

#### *Concentración de monóxido de carbono.*

Los niveles máximos admisibles de CO para ambientes exteriores más exigentes actualmente, se encuentran citados en la Propuesta de Directiva sobre valores límite de benceno y monóxido de carbono del 12 de octubre de 1999, aplicable para áreas de fuerte tráfico rodado, y que propone como objetivo el límite máximo admisible de 5 ppm. No obstante esta referencia aún no es de carácter obligatorio.

La OMS en sus Guías de Calidad de Aire para Europa (revisión de 1994), establece una serie de valores en función del tiempo de exposición:

|        |         |
|--------|---------|
| 90 ppm | 15 min  |
| 50 ppm | 30 min  |
| 25 ppm | 1 hora  |
| 10 ppm | 8 horas |

En USA tanto ASHRAE como los NAAQS (National Air Quality Standards) establecen un valor límite de 9 ppm (media de 8 horas).

La lista de Valores Límite Ambientales de Exposición Profesional del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene acepta para el monóxido de carbono un límite máximo de concentración de 25 ppm, para exposición diaria, y lo marca con la nota TR1, es decir, es sustancia perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o debe considerarse tóxica para su desarrollo.

El límite de exposición a largo plazo (ocho horas de promedio de tiempo compensado TWA) utilizado por OSHA es de 50 ppm.

#### *Concentración de contaminantes químicos (Nicotina y VOC's).*

De acuerdo con las disposiciones recogidas en el Art. 5 del R.D. 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, el I.N.S.H.T. editó el Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España (aprobado con fecha 5 de julio de 2001). En este documento se recogen valores límite de exposición profesional, valores límite biológicos y criterios básicos para su utilización en la evaluación y control de los riesgos derivados de la exposición profesional a agentes químicos que exige la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.

Según se recoge en este documento estos valores adoptados tienen carácter de recomendación y constituyen solamente una referencia técnica. No son, por tanto, valores legales nacionales, que sólo pueden ser establecidos por las autoridades competentes.

Es comúnmente aceptado que se deben utilizar niveles más conservadores para el público en general, que para trabajadores en ambientes industriales. La norma ASHRAE 62-2001 recomienda 1/10 TLV como guía preliminar para contaminantes en el aire interior de los espacios residenciales, oficinas o almacenes.

#### *Concentración de CO<sub>2</sub>*

Considerando el nivel promedio de concentración de CO<sub>2</sub> exterior de 400 ppm, la tasa de ventilación establecida por el R.D. 4867/1997 para lugares de trabajo con presencia de fumadores de 50 m<sup>3</sup>/ hora y persona y una actividad de 1,2 met, se obtiene la concentración de **785 ppm** en ambientes interiores como valor que se corresponde con la tasa de ventilación reflejada anteriormente de 50 m<sup>3</sup>/h.

#### *Microorganismos en suspensión*

Como normativa de referencia para la evaluación de la contaminación microbiana del aire se emplea la norma UNE 100.012 relativa a higienización de sistemas de climatización en la que se establecen criterios de valoración. Esta normativa hace referencia a la flora aerobia total y amplificación bacteriana no estableciendo criterios particulares para la evaluación de concentración de hongos.

##### *Valores de referencia para flora aerobia total*

Se establece un valor estándar microbiológico del aire en ambiente fijado en **800** unidades formadores de colonias por metro cúbico de aire (ufc/m<sup>3</sup>) de flora aerobia mesófila total (bacterias + hongos), por encima de los cuales se recomienda tomar medidas correctoras.

##### *Valores de referencia para amplificación bacteriana*

Se considera el fenómeno de amplificación bacteriana en ambientes interiores cuando se obtienen incrementos mayores de **200** ufc/m<sup>3</sup>, entre la concentración interior y exterior.

## 4. RESULTADOS ANALÍTICOS

### PRIMERA FASE:

En este apartado se mide la contaminación ambiental de la sala durante el final del proceso de viciado mediante humo de tabaco, xileno y acetona:

*Concentración de partículas respirables en suspensión.*

Concentración máxima: 1.320  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentración mínima: 1.080  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Concentración media: 1.200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

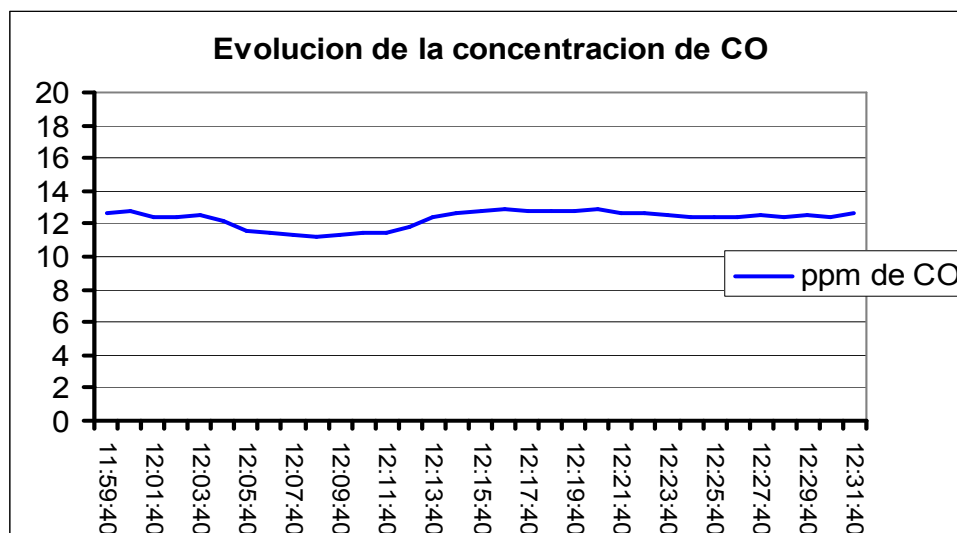
La concentración de partículas detectada en esta fase es muy elevada para ambientes interiores no industriales donde se fija un límite recomendable de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Concentración de monóxido de carbono.*

Concentración máxima: 12,9 ppm

Concentración mínima: 12,3 ppm

Concentración media: 11,2 ppm



Durante esta primera fase se superarían los 10 ppm recomendados por la OMS en sus Guías de Calidad de Aire para Europa (revisión de 1994) para una exposición de 8 horas de duración.

### Porcentaje de O<sub>2</sub> en el aire

Porcentaje máximo: 20,9%

Porcentaje mínimo: 20,9%

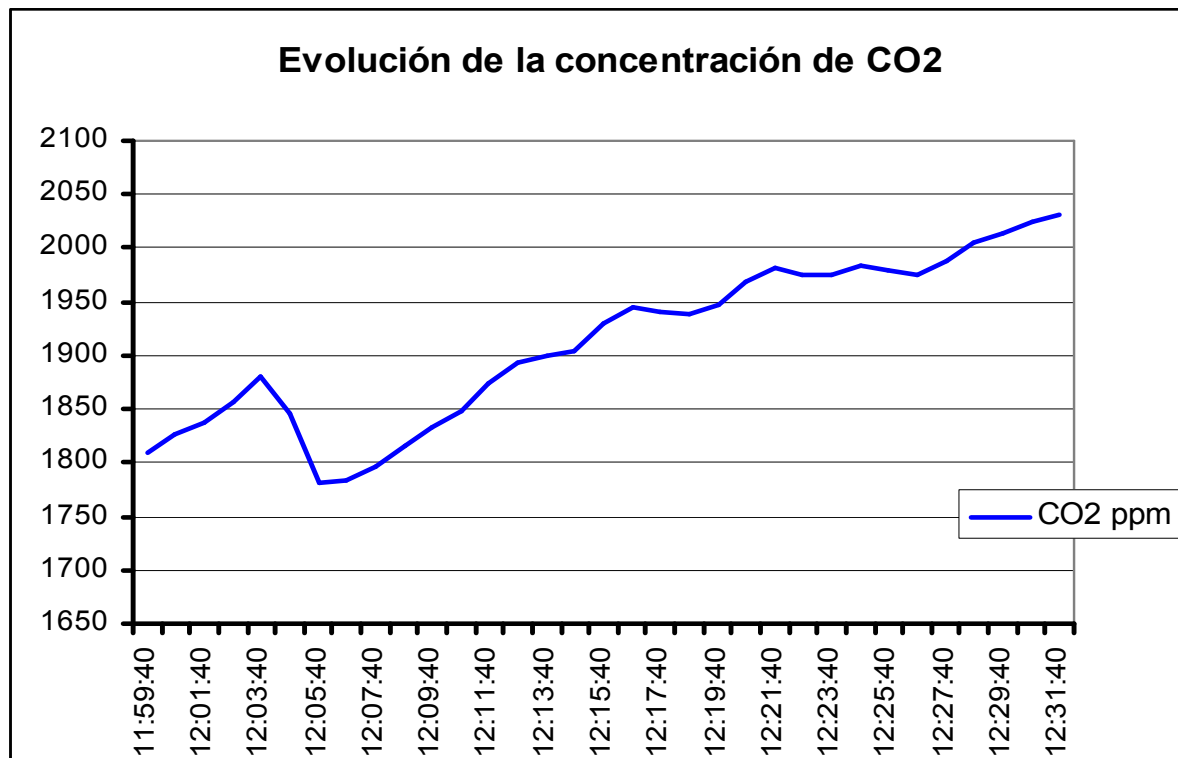
Porcentaje medio: 20,9%

### Concentración de contaminantes químicos (Nicotina y VOC's).

| COMPUESTO    | VALOR LÍMITE AMBIENTAL (VLA) | CONCENTRACION             |
|--------------|------------------------------|---------------------------|
| NICOTINA     | 0,5 mg/m <sup>3</sup>        | 0,08925 mg/m <sup>3</sup> |
| ACETONA      | 1.210 mg/m <sup>3</sup>      | 0,04266 mg/m <sup>3</sup> |
| BENCENO      | 3,25 mg/m <sup>3</sup>       | 0,0023 mg/m <sup>3</sup>  |
| TOLUENO      | 191 mg/m <sup>3</sup>        | 0,0016 mg/m <sup>3</sup>  |
| ETIL BENCENO | 441 mg/m <sup>3</sup>        | 0,0084 mg/m <sup>3</sup>  |
| Σ XILENOS    | 221 mg/m <sup>3</sup>        | 0,0263 mg/m <sup>3</sup>  |
| NAFTALENO    | 53 mg/m <sup>3</sup>         | 0,0016 mg/m <sup>3</sup>  |

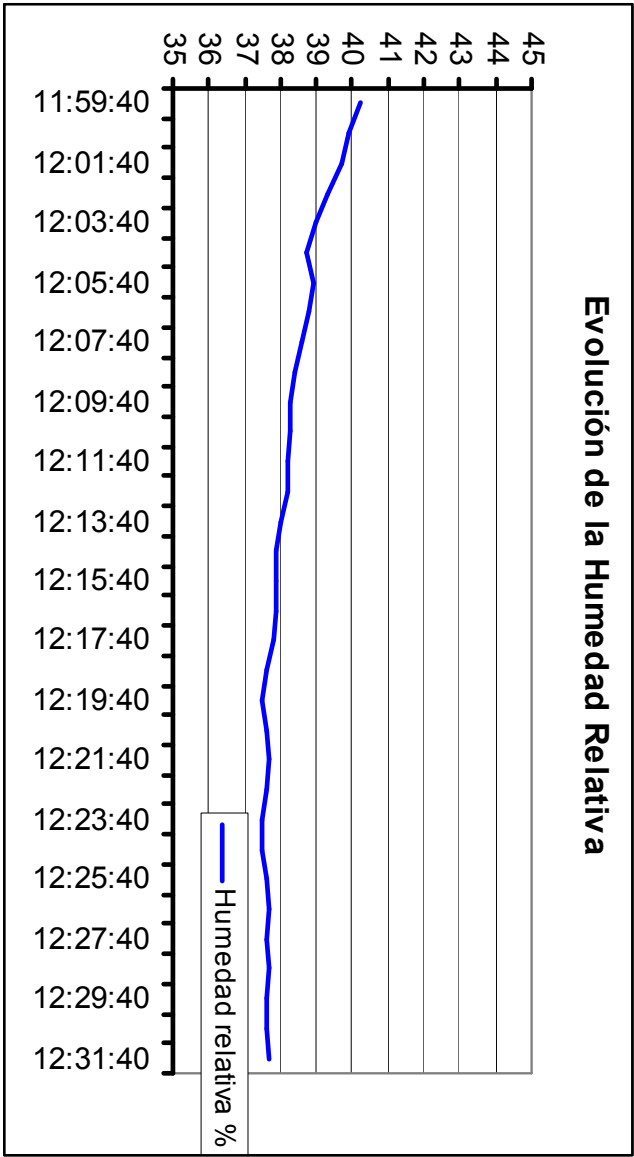
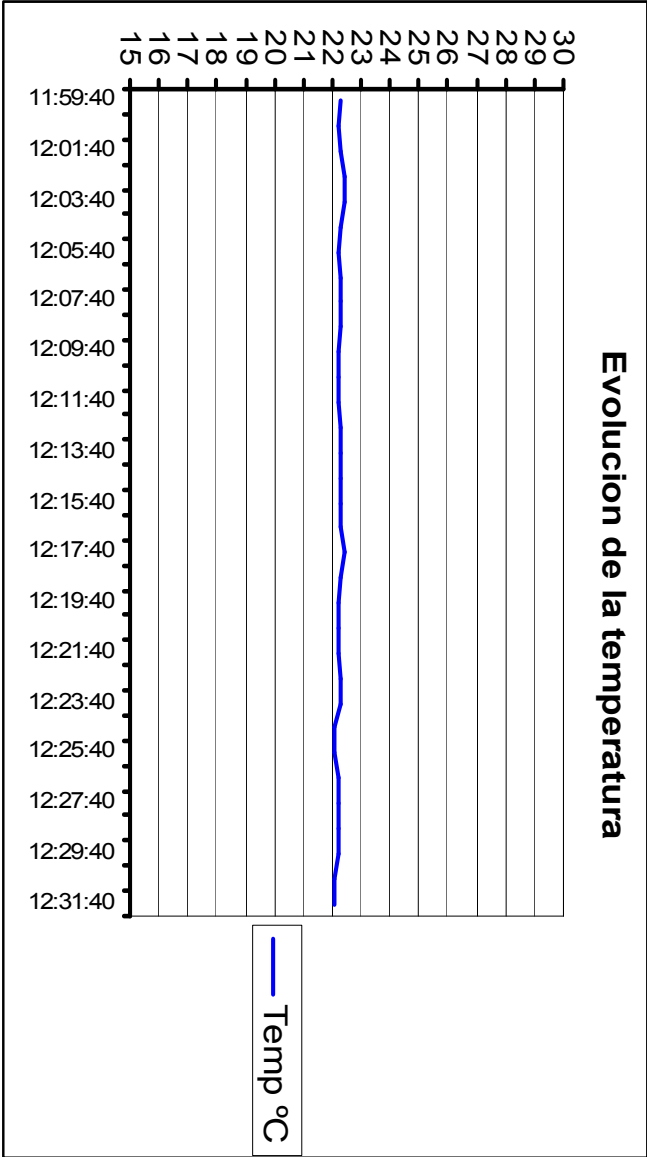
Todos los resultados obtenidos son inferiores a su VLA correspondiente aunque, en el caso de la nicotina, el resultado obtenido supera 1/10 de su VLA por lo que la concentración detectada es notable.





Según el R.D 486/1997 sobre lugares de trabajo, la concentración interior de CO<sub>2</sub> para ambientes con presencia de fumadores no debe exceder de 785 ppm considerando una concentración media exterior de 400 ppm.

En este caso se superan estas concentraciones durante toda la fase por lo que la calidad de ventilación de la sala es mala y no se está produciendo ninguna extracción de aire ni ninguna renovación por medio de aportes de aire exterior.



## Microorganismos en suspensión.

**PRUEBA** Estudio del contenido microbiológico del aire.

**OBJETIVO** Evaluar el número y tipo de bacterias y hongos que se encuentran presentes en el aire del edificio.

**MÉTODO** Muestreo con toma-muestras centrífugo de aire SAS, utilizando placas de agar-agar seguido de incubación, identificación y recuento de las bacterias y hongos.

## RESULTADOS

| Nº | Número de colonias por placa |                    |             |                    |   |
|----|------------------------------|--------------------|-------------|--------------------|---|
|    | Bacterias                    | ufc/m <sup>3</sup> | Hongos      | ufc/m <sup>3</sup> | CONFORME<br>(Criterio <750 ufc/m <sup>3</sup> ) |
| 1  | Estafilococos spp            | 20                 | Ascomycotas | 10                 | SI  |
|    | Micrococos spp               | 40                 |             |                    |   |
|    | Bacillus spp                 | EXT                |             |                    |   |

**EXT:** Una o varias colonias extendidas en el medio y que impiden el recuento total. Estimado <100 UFC/m<sup>3</sup>

Se han detectado bajas concentraciones microbiológicas en esta fase sin presencia de especies potencialmente patógenas.

## SEGUNDA FASE: Primera hora

En este apartado se mide la contaminación ambiental de la sala en la primera hora tras abandonarla los fumadores y tras ser retirados los contaminantes químicos (xileno y acetona).

Con estas mediciones, se quiere comprobar la evolución de los parámetros analizados tras la puesta en funcionamiento de los depuradores de aire de **T.D.I** en el momento en el que se retiran los focos emisores de contaminantes.

### Concentración de partículas respirables en suspensión

| Medición           | Concentración máxima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Concentración mínima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Concentración media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|--------------------|---|---|--|
| De 0 a 10 minutos  | 1.180   | 1.060   | <b>1.100</b>                                     |
| De 10 a 20 minutos | 1.060   | 584   | <b>781</b>                                       |
| De 20 a 30 minutos | 579   | 215   | <b>365</b>                                       |
| De 30 a 40 minutos | 227   | 102   | <b>153</b>                                       |
| De 40 a 50 minutos | 124   | 67  | <b>85</b>  |
| De 50 a 60 minutos | 100   | 56  | <b>65</b>  |

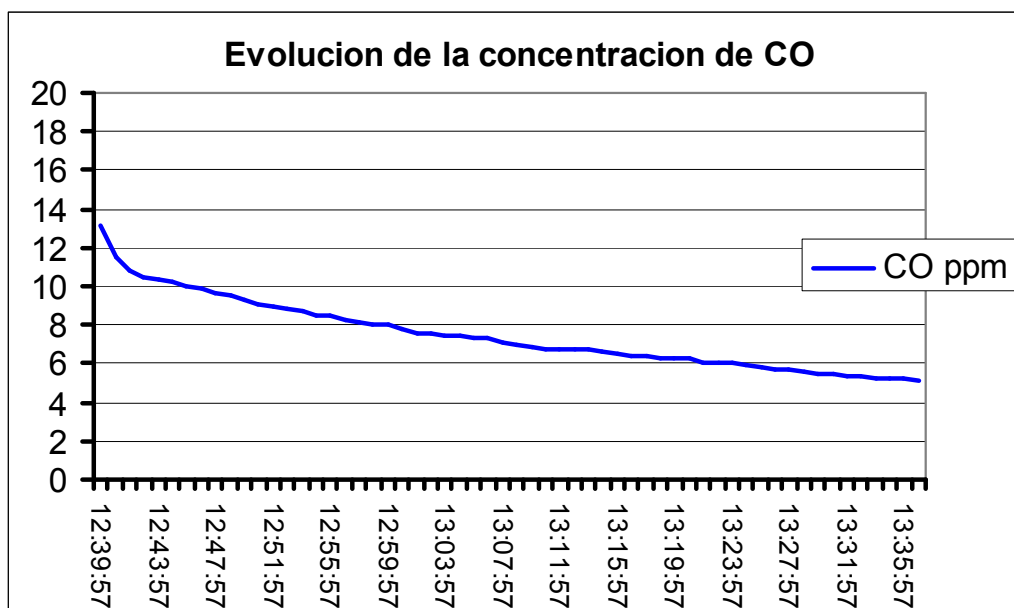
En esta primera fase de depuración del aire de la sala se parte de una concentración media de  $1.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  llegándose a reducir hasta  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  al final de la misma por lo que ya entramos en valores aceptables  $< 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

### Concentración de monóxido de carbono.

Concentración máxima: 13,1 ppm

Concentración mínima: 5,1 ppm

Concentración media: 7,48 ppm



Como se aprecia, en esta primera hora de depuración del aire, se descende la concentración de CO desde valores superiores a 12 ppm hasta valores próximos a 5 ppm.

Al final de la primera hora de depuración del aire la concentración de CO es aceptable.

### Porcentaje de O<sub>2</sub> en el aire

Porcentaje máximo: 20,9%

Porcentaje mínimo: 20,9%

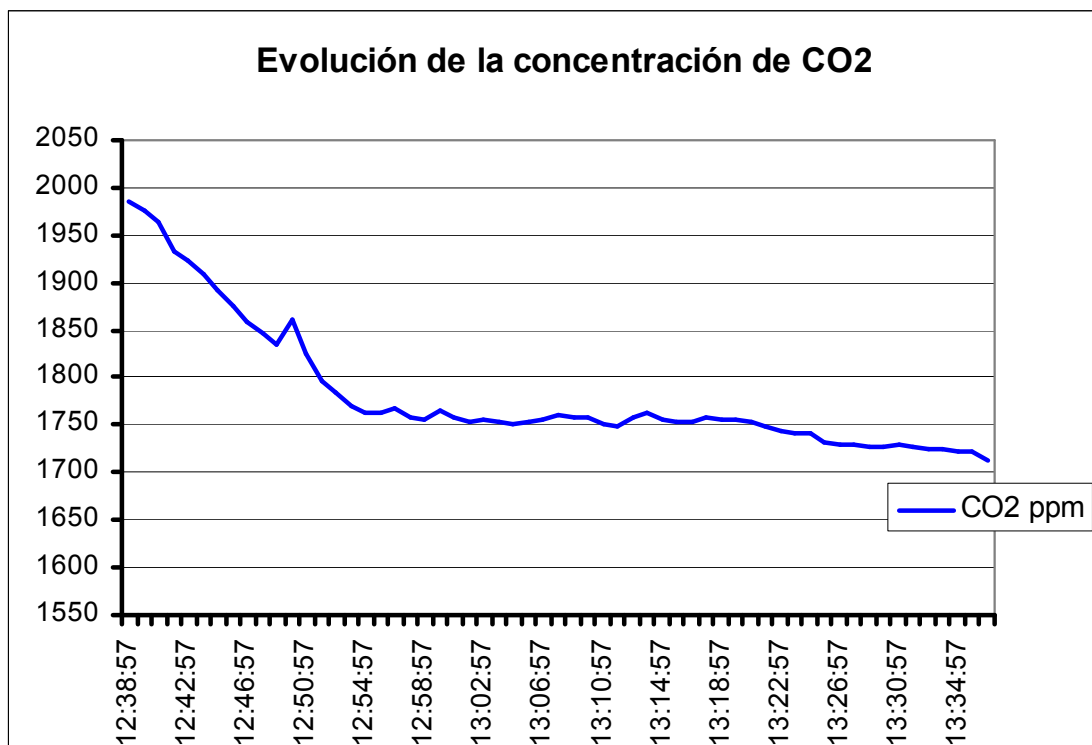
Porcentaje medio: 20,9%

## Concentración de contaminantes químicos (Nicotina).

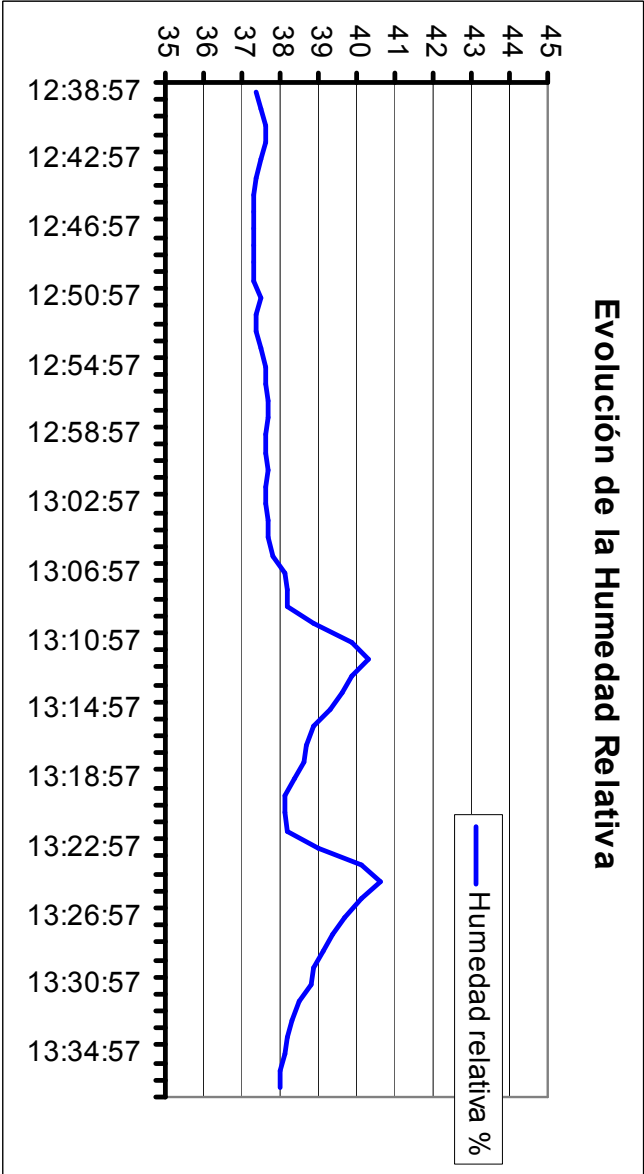
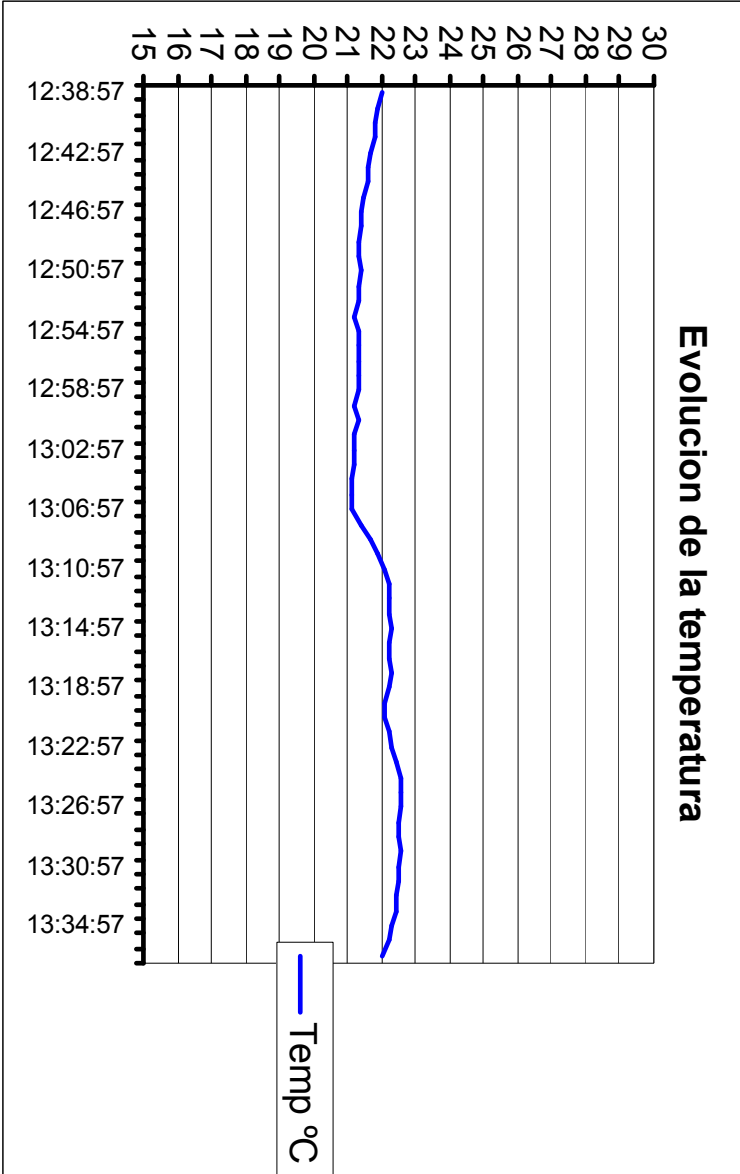
| COMPUESTO | VALOR LÍMITE AMBIENTAL (VLA) | CONCENTRACION           |
|-----------|------------------------------|-------------------------|
| NICOTINA  | 0,5 mg/m <sup>3</sup>        | 0,003 mg/m <sup>3</sup> |

En la fase anterior se apreció una concentración de nicotina superior a 1/10 de su VLA y, tras la primera hora de funcionamiento de los depuradores del aire, esta concentración se ha reducido mas de 20 veces pasando de 0,08925 mg/m<sup>3</sup> a 0,003 mg/m<sup>3</sup>

## Concentración de CO<sub>2</sub>



La concentración de CO<sub>2</sub> permanece muy elevada (superior a 750 ppm), sin presencia de personas en la sala, por lo que la ventilación continúa siendo nula en la misma.



## Microorganismos en suspensión.

**PRUEBA** Estudio del contenido microbiológico del aire.

**OBJETIVO** Evaluar el número y tipo de bacterias y hongos que se encuentran presentes en el aire del edificio.

**MÉTODO** Muestreo con toma-muestras centrífugo de aire SAS, utilizando placas de agar-agar seguido de incubación, identificación y recuento de las bacterias y hongos.

## RESULTADOS

| Nº | Número de colonias por placa |                    |        |                    |   |
|----|------------------------------|--------------------|--------|--------------------|---|
|    | Bacterias                    | ufc/m <sup>3</sup> | Hongos | ufc/m <sup>3</sup> | CONFORME<br>(Criterio <750 ufc/m <sup>3</sup> ) |
| 1  | Bacillus spp                 | EXT                | -      | -                  | SI  |

**EXT:** una o varias colonias extendidas en el medio y que impiden el recuento total. Estimado <100 UFC/m<sup>3</sup>

La concentración microbiológica ha descendido en esta primera hora de funcionamiento de los equipos de depuración de aire de **T.D.I.**, llegando a desaparecer tres especies presentes en el muestreo realizado en la primera fase:

- Estafilococos Spp
- Micrococos spp
- Ascomycotas



## SEGUNDA FASE: Segunda hora

En este apartado se mide la contaminación ambiental de la sala en la segunda hora tras abandonarla los fumadores y tras ser retirados los contaminantes químicos (xileno y acetona).

Con estas mediciones, se quiere comprobar la capacidad de depuración del aire de los equipos de T.D.I tras dos horas de funcionamiento en una sala previamente contaminada con humo de tabaco y contaminantes químicos (xileno y acetona).

### Concentración de partículas respirables en suspensión

| Medición           | Concentración máxima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Concentración mínima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Concentración media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )   |
|--------------------|---|---|--|
| De 0 a 10 minutos  | 97  | $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$                     | <b>60</b>  |
| De 10 a 20 minutos | 94  | $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$                     | <b>53</b>  |
| De 20 a 30 minutos | 51  | $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$                     | <b><math>&lt; 50 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> |
| De 30 a 40 minutos | 58  | $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$                     | <b><math>&lt; 50 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> |
| De 40 a 50 minutos | 50  | $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$                     | <b><math>&lt; 50 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> |
| De 50 a 60 minutos | $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$                     | $< 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$                     | <b><math>&lt; 50 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b> |

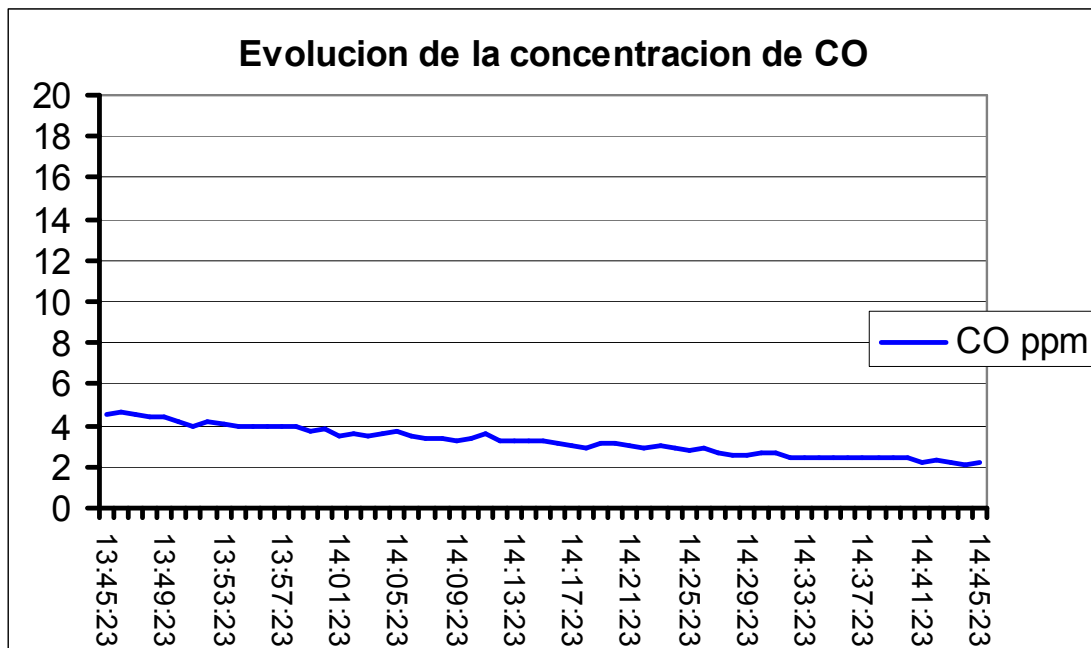
En la segunda hora de funcionamiento de los equipos de depuración del aire de T.D.I, ha vuelto a disminuir la concentración de partículas hasta valores inferiores a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que es el límite inferior de detección del equipo de muestreo.

### Concentración de monóxido de carbono.

Concentración máxima: 4,6 ppm

Concentración mínima: 2,1 ppm

Concentración media: 3,22 ppm



En la segunda hora de muestreo la concentración de CO se ha vuelto a reducir desde valores próximos a 5 ppm hasta 2 ppm (limite inferior de detección del equipo de muestreo)

### Porcentaje de O<sub>2</sub> en el aire

Porcentaje máximo: 20,9%

Porcentaje mínimo: 20,9%

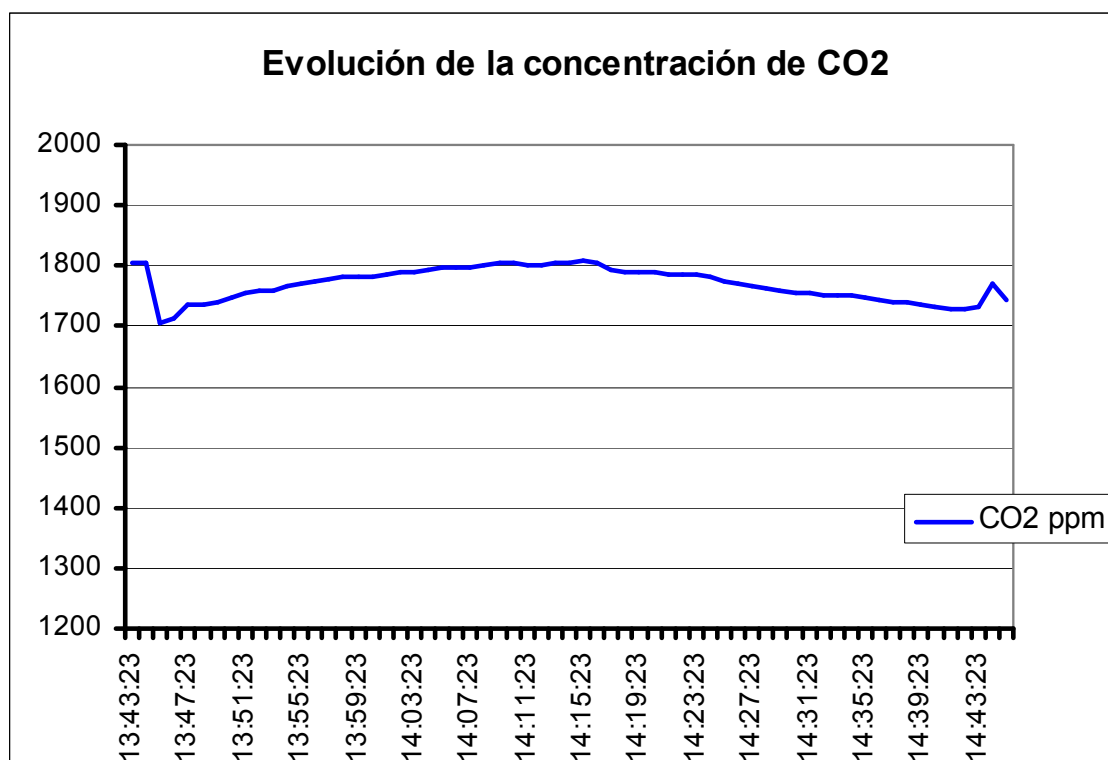
Porcentaje medio: 20,9%

## Concentración de contaminantes químicos (Nicotina).

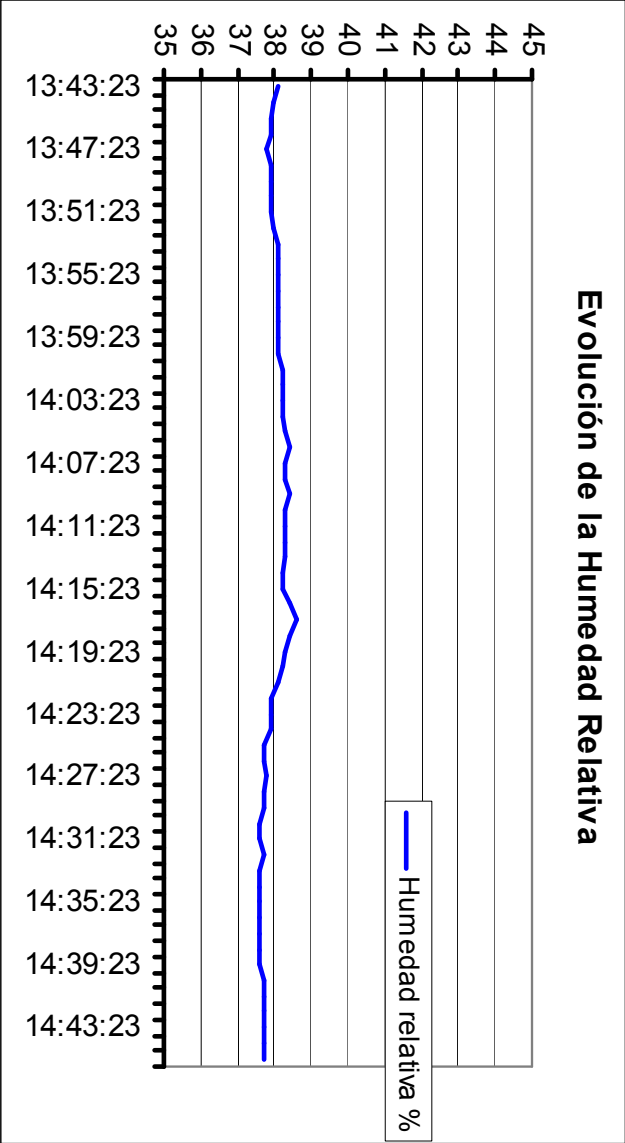
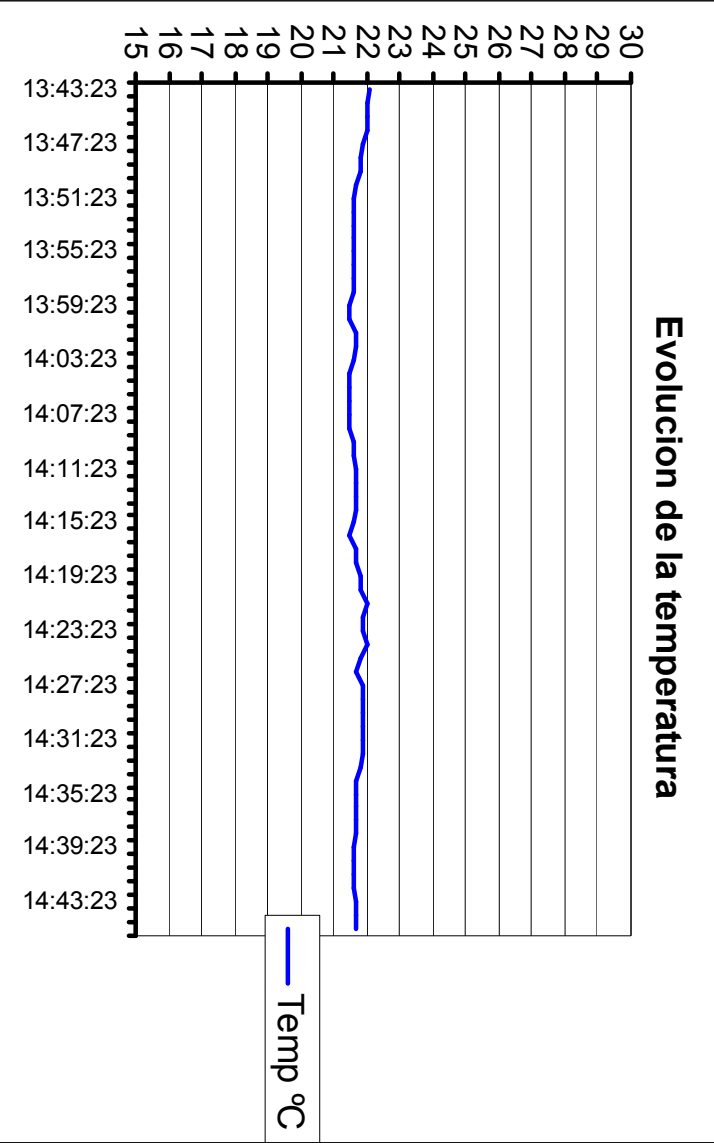
| COMPUESTO    | VALOR LÍMITE AMBIENTAL (VLA) | CONCENTRACION             |
|--------------|------------------------------|---------------------------|
| NICOTINA     | 0,5 mg/m <sup>3</sup>        | 0,002 mg/m <sup>3</sup>   |
| ACETONA      | 1.210 mg/m <sup>3</sup>      | 0,006 mg/m <sup>3</sup>   |
| BENCENO      | 3,25 mg/m <sup>3</sup>       | 0,0015mg/m <sup>3</sup>   |
| TOLUENO      | 191 mg/m <sup>3</sup>        | 0,00075 mg/m <sup>3</sup> |
| ETIL BENCENO | 441 mg/m <sup>3</sup>        | 0,00083mg/m <sup>3</sup>  |
| Σ XILENOS    | 221 mg/m <sup>3</sup>        | 0,0021 mg/m <sup>3</sup>  |
| NAFTALENO    | 53 mg/m <sup>3</sup>         | 0,00125 mg/m <sup>3</sup> |

La concentración de VOC's y nicotina han descendido respecto del muestreo realizado en la primera fase del estudio.

## Concentración de CO<sub>2</sub>



Condiciones termohigrométricas



## Microorganismos en suspensión.

**PRUEBA** Estudio del contenido microbiológico del aire.

**OBJETIVO** Evaluar el número y tipo de bacterias y hongos que se encuentran presentes en el aire del edificio.

**MÉTODO** Muestreo con toma-muestras centrífugo de aire SAS, utilizando placas de agar-agar seguido de incubación, identificación y recuento de las bacterias y hongos.

### RESULTADOS

| Nº | Número de colonias por placa |                    |        |                    |   |
|----|------------------------------|--------------------|--------|--------------------|---|
|    | Bacterias                    | ufc/m <sup>3</sup> | Hongos | ufc/m <sup>3</sup> | CONFORME<br>(Criterio <750 ufc/m <sup>3</sup> ) |
| 1  | Bacillus spp                 | EXT                | -      | -                  | SI  |

**EXT:** una o varias colonias extendidas en el medio y que impiden el recuento total. Estimado <100 UFC/m<sup>3</sup>

En la segunda hora de funcionamiento de los equipos de depuración del aire de **T.D.I.**, la concentración microbiológica no se ha visto alterada, manteniéndose en valores muy reducidos (idénticos a los de la primera fase de depuración)

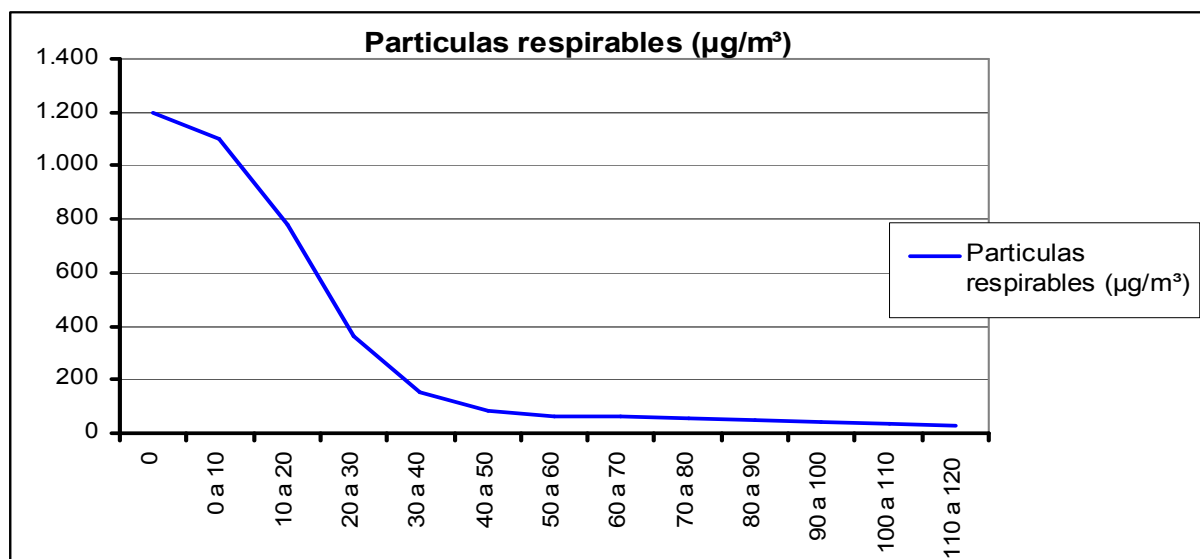
### **3. COMPARATIVA Y CONCLUSIONES SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.**

Se enumeran los muestreos de la siguiente forma:

- 1.- Muestreos realizados en la primera fase.
- 2.- Muestreos realizados en la primera hora de la segunda fase.
- 3.- Muestreos realizados en la segunda hora de la segunda fase

### Concentración de partículas respirables en suspensión

| Medición           | 1<br>Concentración media<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 2<br>Concentración media<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 3<br>Concentración media<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|--------------------|--|--|--|
| De 0 a 10 minutos  | 1.200  | 1.100  | 60   |
| De 10 a 20 minutos |  | 781  | 53   |
| De 20 a 30 minutos |  | 365  | <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                             |
| De 30 a 40 minutos |  | 153  | <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                             |
| De 40 a 50 minutos |  | 85   | <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                             |
| De 50 a 60 minutos |  | 65   | <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                             |

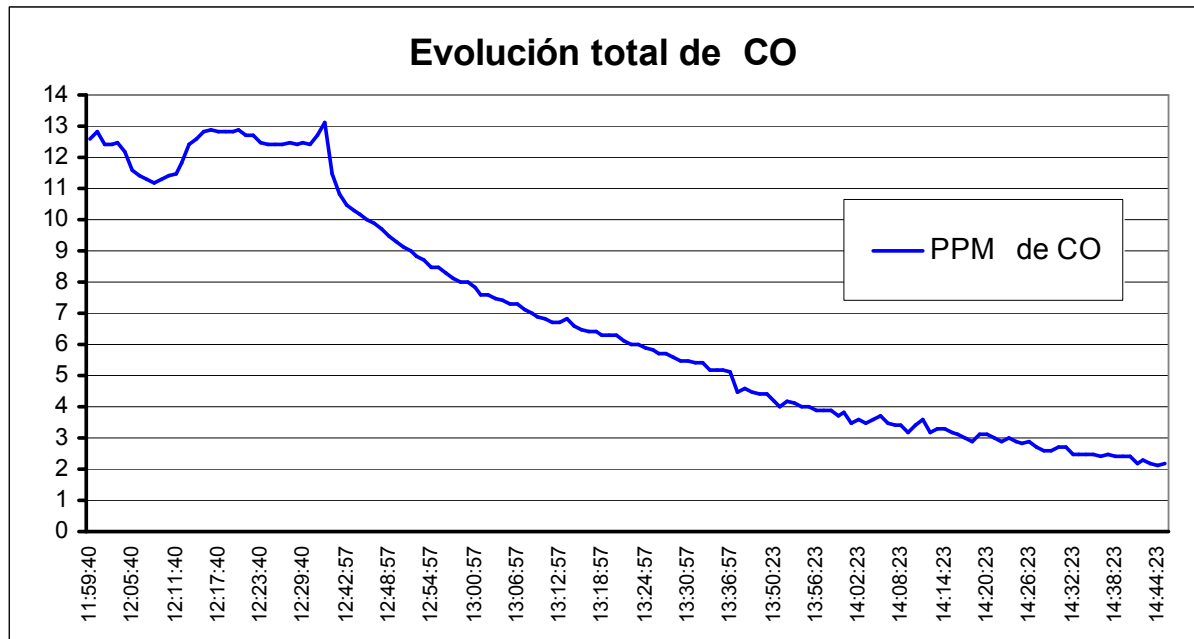


Como se aprecia en el gráfico. El descenso de la concentración de partículas respirables es notable desde el momento en el que entran en funcionamiento los equipos de depuración de aire de T.D.I

En el momento inicial, justo antes de poner en funcionamiento los equipos de depuración de aire, la concentración de partículas respirables era de 1.200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Esta concentración elevada de partículas, provocada por el humo de tabaco, se ve reducida por debajo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (concentración propia de exteriores sin contaminación)

## Concentración de monóxido de carbono.



En el gráfico se aprecia la evolución de la concentración de CO desde el momento en el que se está contaminando la sala.

Se aprecia una concentración de CO constante en torno a 12 ppm en el momento en el que la sala está contaminada y, un descenso rápido de la concentración, desde el momento en el que entran en funcionamiento los equipos de depuración de aire de **T.D.I** hasta las dos horas posteriores en que se da por terminado el muestreo con una concentración de 2,2 ppm.

## Porcentaje de O<sub>2</sub> en el aire

Porcentaje máximo: 20,9%

Porcentaje mínimo: 20,9%

Porcentaje medio: 20,9%

El porcentaje de oxígeno en la sala no varía a lo largo de todo el trabajo. Este es un compuesto que no se ve alterado por la contaminación por humo de tabaco.



Concentración de contaminantes químicos (Nicotina y VOC's).

| COMPUESTO    | VALOR LÍMITE AMBIENTAL (VLA) | CONCENTRACION Muestreo 1  | CONCENTRACION Muestreo 2 | CONCENTRACION Muestreo 3  |
|--------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| NICOTINA     | 0,5 mg/m <sup>3</sup>        | 0,08925 mg/m <sup>3</sup> | 0,003 mg/m <sup>3</sup>  | 0,002 mg/m <sup>3</sup>   |
| ACETONA      | 1.210 mg/m <sup>3</sup>      | 0,04266 mg/m <sup>3</sup> | -                        | 0,006 mg/m <sup>3</sup>   |
| BENCENO      | 3,25 mg/m <sup>3</sup>       | 0,0023 mg/m <sup>3</sup>  |                          | 0,0015mg/m <sup>3</sup>   |
| TOLUENO      | 191 mg/m <sup>3</sup>        | 0,0016 mg/m <sup>3</sup>  |                          | 0,00075 mg/m <sup>3</sup> |
| ETIL BENCENO | 441 mg/m <sup>3</sup>        | 0,0084 mg/m <sup>3</sup>  |                          | 0,00083 mg/m <sup>3</sup> |
| Σ XILENOS    | 221 mg/m <sup>3</sup>        | 0,0263 mg/m <sup>3</sup>  |                          | 0,0021 mg/m <sup>3</sup>  |
| NAFTALENO    | 53 mg/m <sup>3</sup>         | 0,0016 mg/m <sup>3</sup>  |                          | 0,00125 mg/m <sup>3</sup> |

El primer muestreo fue el realizado en la sala en el momento de la emisión de contaminantes al ambiente: Nicotina (tabaco), Xileno y Acetona.

El segundo muestreo se realizó durante la primera hora de funcionamiento de los equipos de depuración de aire **T.D.I**

El tercer muestreo se realizó durante la segunda hora de funcionamiento de los equipos de depuración de aire de **T.D.I**

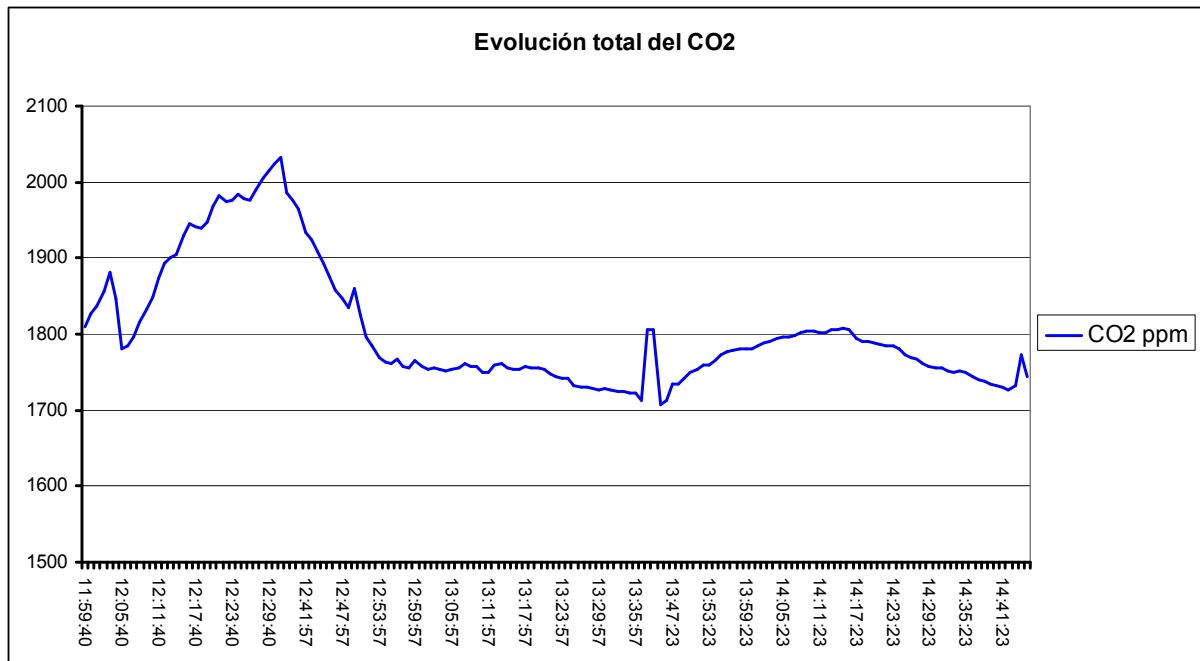
Se aprecia un descenso de la concentración de los contaminantes analizados.

El descenso de la concentración de Nicotina se produce principalmente durante la primera hora de funcionamiento de los equipos de depuración, pasando de una concentración de 0,08925 mg/m<sup>3</sup> (superior a 1/10 de su VLA) a otra de 0,003 mg/m<sup>3</sup> (concentración mas de 20 veces inferior a la inicial).

Los compuestos orgánicos volátiles también experimentan un descenso en su concentración, especialmente los Xilenos y Acetona que previamente habían sido agregados al ambiente en el proceso de viciado del aire de la sala:

- Xilenos: De 0,0263 mg/m<sup>3</sup> a 0,0021 mg/m<sup>3</sup>
- Acetona: De 0,04266 mg/m<sup>3</sup> a 0,006 mg/m<sup>3</sup>.

NOTA: En ninguno de los casos se han superado los VLA establecidos por el INSHT



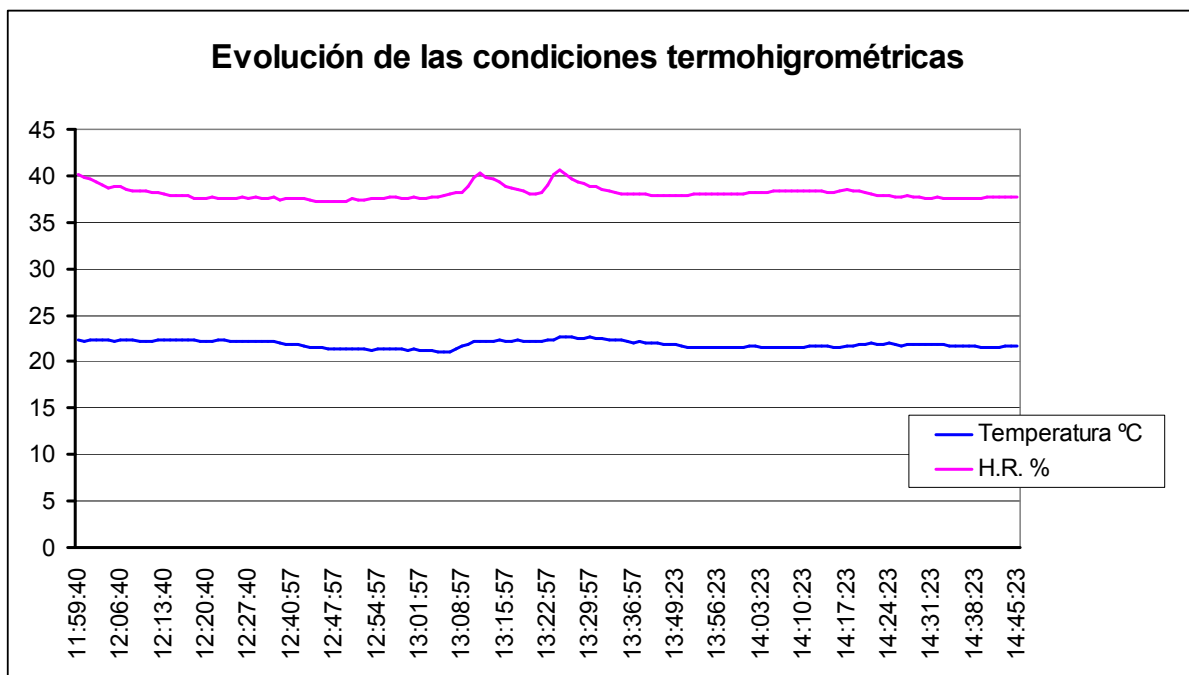
Durante el desarrollo del trabajo se realizaron mediciones en continuo de la concentración de CO<sub>2</sub> del aire del interior de la sala.

Este es un parámetro indicador de la calidad de la ventilación de la sala y de sus renovaciones del aire viciado.

En el caso de la sala en la que se realizó el trabajo, esta no disponía de ningún sistema de extracción de aire ni de otro tipo de sistema de ventilación mecánica por lo que los valores de CO<sub>2</sub> medidos son muy elevados durante las tres horas de duración del trabajo (>750 ppm, valores propios de salas ocupadas con mala ventilación) y nos indican, que efectivamente, no se disponía de un sistema de ventilación mecánico en la sala y, por lo tanto, el proceso de depuración del aire de los equipos de T.D.I no se ve ayudado por ningún otro sistema (extracción, aportes de aire exterior, etc..)

## Condiciones termohigrométricas

Las condiciones termohigrométricas de la sala están reguladas por un Split de pared que realiza un ajuste de la temperatura sin influir en el sistema de depuración puesto en funcionamiento por **T.D.I.**



En el informe se aprecia que la utilización del purificador de aire de TDI no representa ninguna variación de las condiciones termohigrométricas de la sala.

| Nº de muestreo | Número de colonias por placa                        |                    |             |                    |   |
|----------------|---|--------------------|-------------|--------------------|---|
|                | Bacterias   | ufc/m <sup>3</sup> | Hongos      | ufc/m <sup>3</sup> | CONFORME<br>(Criterio <750 ufc/m <sup>3</sup> ) |
| 1              | Estafilococos spp<br>Micrococos spp<br>Bacillus spp | 20<br>40<br>EXT    | Ascomycotas | 10                 | SI  |
| 3              | Bacillus spp  | EXT                | -           | -                  | SI  |
| 3              | Bacillus spp  | EXT                | -           | -                  | SI  |

El primer muestreo se realizó en el momento de máxima contaminación de la sala y los resultados obtenidos fueron bajos.

Tras poner en funcionamiento los equipos de depuración de aire de T.D.I se redujeron mas aun las concentraciones de microorganismos detectadas e , incluso, varias especies que aparecieron en la primera muestra, no aparecieron en las restantes:

- Estafilococos Spp
- Micrococos spp
- Ascomycotas.

### **CONCLUSIONES FINALES:**

Tras haber analizado y comparado los resultados de las mediciones realizadas, cabe concluir que se ha apreciado un descenso notable de la concentración de los siguientes compuestos:

- Concentración de partículas respirables.
- Concentración de monóxido de carbono.
- Concentración de nicotina.
- Concentración de VOC's
- Concentración de microorganismos en suspensión.

Por lo tanto, con el descenso en la concentración de los contaminantes analizados, se ha mejorado la calidad del aire estudiado, tras dos horas de funcionamiento de dos equipos de depuración de **T.D.I** y 11,6 ciclos de paso de aire por el sistema de filtración por hora de una sala de 60 m<sup>3</sup> previamente contaminada por humo de tabaco, xileno y acetona.



## **ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS MUESTREOS Y MEDICIONES.**

---

### **1.- Acreditación ENAC del departamento de calidad de ambientes interiores.**

---

## **2. Certificados de calibración de los equipos de muestreo.**

---



### **3. Métodos de análisis del laboratorio.**

---