



INFORME

MEDICIONES DE CO₂, O₂, TEMPERATURA DEL AIRE Y TEMPERATURA DEL AGUA EN LES COVES DE SANT JOSEP

Ángel Barragán Cervera
Ingeniero Industrial
Colegiado nº 3767

Santiago Cantavella Jordá
Licenciado en Educación Física
Espeleólogo



ÍNDICE

1. Antecedentes.....	3
2. Parámetros objeto de estudio	3
3. Instrumentación utilizada.	5
4. Mediciones obtenidas.	9
5. Conclusiones.....	11



1. ANTECEDENTES

El siguiente informe es redactado por Dr. D. Ángel Barragán Cervera, Ingeniero Industrial, colegiado nº 3767 (Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana) y por D. Santiago Cantavella Jordá, Licenciado en Educación Física y Espedeólogo.

Realizan este informe en condición de expertos independientes, y consta de la **Medición de dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), humedad relativa (Hr) y temperaturas del aire y del agua** del interior de varios puntos de las Coves de Sant Josep, ubicadas en La Vall d'Uxó (Castellón), con objeto de determinar el valor existente de los parámetros anteriormente citados en la cueva y de comprobar que están dentro de la normalidad.

Este informe se realiza con objeto de determinar si las visitas turísticas que se realizan a la cueva, afectan significativamente a las condiciones ambientales interiores de la cueva a petición del excelentísimo ayuntamiento de la Vall d'Uxó y del espeleo club de castellon. .

2. PARÁMETROS OBJETO DE ESTUDIO

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, inodoro, no inflamable y químicamente no reactivo. Es un gas 1.5 veces más pesado que el aire.

La medición de CO₂, se entiende como un buen parámetro para medir la calidad del aire contaminado por la ocupación humana, dado que mediante la respiración, los seres humanos absorbemos el O₂ del aire expulsando CO₂ entre otras sustancias. Cuando en una zona ocupada por personas la ventilación es insuficiente, la concentración de CO₂ aumenta, y se hace necesaria la introducción o mejora de un sistema de ventilación.

El dióxido de carbono, es un gas asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y por afectar en el metabolismo de las personas. A elevadas concentraciones (>30.000 ppm) puede causar dolores de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios. En la tabla 1, se muestran los efectos sobre las personas de las distintas concentraciones de CO₂



Límites exposición (% aire)	Efectos sobre la salud
2-3	Imperceptible en reposo, pero en actividad marcada falta de aliento
3	Respiración se hace notoriamente más profunda y más frecuente durante el reposo
3-5	Aceleramiento del ritmo respiratorio. Repetida exposición provoca dolor de cabeza
5	Respiración se hace extremadamente dificultosa dolores de cabeza, transpiración y pulso irregular
7.5	Respiración acelerada, promedio cardíaco aumentado, dolor de cabeza, transpiración, mareos, falta de aliento, debilidad muscular, pérdida de habilidades mentales, somnolencia y zumbido auricular
8-15	Dolor de cabeza, vértigo, vómitos, pérdida de conciencia y posible muerte si el paciente no recibe oxígeno inmediatamente
10	Agotamiento respiratorio avanza rápidamente con pérdida de conciencia en 10 - 15 minutos
15	Concentración letal, la exposición por encima de este nivel es intolerable
25+	Convulsiones y rápida pérdida de conciencia luego de unas pocas aspiraciones. Si se mantiene el nivel, deviene la muerte.

Tabla 1 Efecto de las concentraciones de CO₂. Fuente: Baxter, 2000; Faivre-Pierret and Le Guern, 1983 and refs therein; NIOSH, 1981, los efectos a las exposiciones de CO₂ son los siguientes (1%=10.000 ppm)

Como vemos en la tabla anterior, los efectos preocupantes sobre la salud, aparecen en concentraciones por encima de 20.000 ppm (2%), valores muy alejados de las concentraciones de CO₂ que se encuentran normalmente en el aire que respiramos.

En el aire limpio, hay entre 300 y 400 ppm de CO₂, alcanzándose en zonas urbanas valores de 550 ppm o superiores, como consecuencia de emisiones antropogénicas.

El valor límite de exposición profesional para exposiciones diarias de 8 horas es de 5.000 ppm con un valor límite para exposiciones inferiores a 15 minutos de 15.000 ppm. Estos últimos valores tan elevados, son extremadamente raros en ambientes interiores no industriales, entendiéndose que un aire limpio en una zona ocupada por personas es aquel que no supera las concentraciones de 1000ppm, valor que tal y como se ha deducido anteriormente, está muy lejos de causar problemas a la salud. En zonas con elevadas concentraciones de personas y una mala ventilación (por ejemplo aulas de colegios) es habitual llegar a concentraciones de hasta 3000ppm, valores que sin ser peligrosos para la salud, si pueden causar en algunos individuos sensibles, dolores de cabeza y somnolencia, siendo por lo tanto indicadores de la necesidad de realizar cambios en las instalaciones de ventilación.

El objeto principal de nuestro estudio, es comprobar que las visitas turísticas que se realizan en les Coves de Sant Josep, no aumentan excesivamente las concentraciones de CO₂, siendo suficiente por lo tanto, la ventilación natural existente en las cuevas para lograr condiciones ambientales válidas, que no sean dañinas ni para los visitantes ni para los trabajadores del interior de las instalaciones. Para ello se han realizado medidas de CO₂ en el exterior de la cueva y en distintos puntos interiores para conocer los valores existentes. Estas medidas se han tomado el sábado 24 de Mayo de 2014, inmediatamente después del cierre de las instalaciones al público, considerándose que



en el momento de las mediciones, los valores obtenidos son representativos de los valores máximos alcanzados en la concentración de CO₂.

Adicionalmente, se han tomado lecturas del oxígeno (O₂) del aire, de la humedad relativa (Hr) y de las temperaturas ambientales del agua y del aire en distintos puntos, teniendo estas mediciones un carácter más secundario, pues se pretendía comprobar que las concentraciones de oxígeno eran constantes, y tener una lectura a nivel informativo de las temperaturas actuales en distintos puntos.

3. INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA.

3.1 Medidas de temperatura y humedad relativa ambiental, dióxido de carbono.

Para la medición de CO₂, temperatura ambiente y humedad relativa ambiental se ha utilizado un “DATALOGGER MOD HD37B17D”

Estos son instrumentos indicados para realizar mediciones de la calidad de aire en interiores, diseñados específicamente para la revisión de edificios en los que hay afluencia de gente.



Fig1 Equipo DATALOGGER MOD HD37B17D para medida de CO₂, temperatura ambiente y humedad relativa



En este instrumento, la medida de la humedad relativa, se obtiene con un sensor capacitivo, la temperatura con una sonda de tipo NTC, y la medición de dióxido de carbono, se obtiene con un sensor infrarrojo con tecnología NDIR (Non-dispersive infrared technology), el cual mediante el empleo de un doble filtro garantiza mediciones precisas y estables.

Los equipos permiten realizar mediciones estableciendo un intervalo de tiempo entre ellas, pero nosotros los hemos utilizado para realizar mediciones puntuales.

Las características de medición del aparato son las siguientes:

Humedad Relativa HR

Sensor: Capacitivo

Protección sensor: Filtro en red de acero INOX y ABS

Campo de medida: 5...98 % UR

Campo de trabajo del sensor: -40...+80°C

Precisión: $\pm 2\%$ (15...90%UR) @ 20°C, $\pm 2.5\%$

Resolución: 0,1%

Dependencia de la temperatura: 2% en todo el rango de temperatura

Histéresis y repetibilidad: 1% UR

Tiempo de respuesta: (T90) <20 sec. (velocidad aire = 2m/seg) sin filtro

Estabilidad a largo plazo: 1%/año

Temperatura T

Tipo sensor: NTC 10KW

Campo de medida: -40...+60°C

Precisión: $\pm 0.2^\circ\text{C} \pm 0.15\%$ de la medida

Resolución: 0,1°C

Tiempo de respuesta: (T90) <30 seg. (velocidad aire= 2m/seg)

Estabilidad a largo plazo: 0.1°C/año

Dióxido de Carbono CO2

Sensor: NDIR con doble longitud de onda

Campo de medida: 0...5000 ppm

Campo de trabajo del sensor: -5...50°C

Precisión: $\pm 50\text{ppm} + 3\%$

Resolución : 1ppm

Dependencia de la temperatura: 0,1%f.s./°C

Tiempo de respuesta: (T90) <120 seg. (velocidad aire = 2m/seg)

Estabilidad a largo plazo: 5% de medida/ 5 años



3.2 Medidas de Temperatura del agua.

Para la medición de la temperatura del agua se ha utilizado un medidor de la marca FLUKE, modelo 52II, mediante una sonda de inmersión de tipo K. La precisión de la sonda k es de $\pm(0.05\%+0.3^{\circ}\text{C})$ del rango de medida de una sonda K, que es desde 1372°C a -200°C . La resolución del display es de 0.1°C



Fig 2. Equipo FLUKE 52II para medida de temperaturas.



Fig 3. Sonda de temperatura FLUKE, termopar de tipo K en sonda de inmersión

3.3 Medidas de Oxígeno ambiental.

Para la medida del oxígeno ambiental se ha utilizado un medidor de la marca Drager, modelo Pac3500. Este medidor tiene una resolución de un 0.1% de O₂, y tiene un rango de medición desde el 0-25% de concentraciones de oxígeno.



Fig 4. Equipo DRAGER mod Pac3600 para medida de %O₂

4. MEDICIONES OBTENIDAS.

Se muestran las mediciones en la siguiente tabla:

PUNTO TOMA DE MUESTRA	HORA	T(°C)	HR (%)	CO ₂ (ppm)	O ₂ (%)	T agua (°C)
Exterior	18:24	19.6	70.4	408	19.7	-
PUNTO 1 Embarcadero	18:53	20.2	78.6	650	19.5	20
PUNTO 2 Intermedio cascada y galería seca	19:30	20	79	660	19.4	19.5
PUNTO 3 Galería de las estalactitas	19:50	20	80	690	19.5	19.5
PUNTO 4 Gran sala ensorrada	20:20	20	80	660	19.6	20
PUNTO 5 La platja	20:50	20.1	79	670	19.5	20
PUNTO 6 Sala d'en Vicent	21:15	20	80	680	19.5	20

Tabla 2. Datos medidos



5. CONCLUSIONES

En base a las medidas realizadas se observa que los valores obtenidos están dentro de la normalidad y muy alejados de valores considerados peligrosos.

Entendemos que el día de la toma de datos, es un día representativo del funcionamiento normal de las instalaciones, pues según nos informan, los sábados, semanalmente son los días de máxima afluencia de visitantes.

Un parámetro adicional a considerar es el mes del año en el que nos encontramos, dado que según nos informan la máxima afluencia de público se produce durante los meses de julio y agosto, con lo que si queremos tener una medición exacta de los valores máximos que se alcanzan, sería aconsejable repetir la medición un día que se tenga constancia de que ha existido una ocupación excepcionalmente elevada.

No obstante, a juicio de los redactores del informe, no es esperable que se alcancen valores peligrosos.

Según los resultados obtenidos en las mediciones, se concluye que como consecuencia de la ocupación de las personas no se ha producido una elevación sustancial de las concentraciones de CO₂. Es previsible que siempre y cuando estemos dentro de los valores actuales de ocupación y tipo de uso, es decir los visitantes realizan un breve trayecto turístico en barca para visitar las instalaciones teniendo un tiempo de permanencia en el interior de la cavidad reducido, dado el tamaño de la cavidad, y la ventilación natural existente, no se producirán efectos significativos sobre las concentraciones de CO₂.

En Castellón a 13 de Junio de 2014