



**BOLETÍN MENSUAL DE CONTROL Y SEGUIMIENTO
AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ENTORNO DE
LAS OBRAS DE URBANIZACIÓN DEL PLAN ESPECIAL DE
MEJORA DEL MEDIO URBANO Y DE ORDENACIÓN
PORMENORIZADA DEL ESTADIO SANTIAGO BERNABÉU**

OCTUBRE 2021





ÍNDICE

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Descripción de los trabajos de seguimiento y vigilancia. | 3 |
| 2. | Índice de calidad del aire. Resumen de resultados. | 6 |
| 3. | Seguimiento y control de partículas gruesas. PM ₁₀ | 8 |
| 4. | Seguimiento y control mensual de la inmisión de NO ₂ | 10 |
| 5. | Seguimiento y control mensual de la inmisión de O ₃ | 12 |
| 6. | Resumen meteorológico. | 14 |
| 7. | Seguimiento acústico. | 16 |
| 8. | Conclusiones. | 19 |



1. Descripción de los trabajos de seguimiento y vigilancia.

Dentro del programa de seguimiento y vigilancia ambiental de las obras de urbanización del PLAN ESPECIAL DE MEJORA DEL MEDIO URBANO Y DE ORDENACIÓN PORMENORIZADA DEL ESTADIO SANTIAGO BERNABÉU, se han instalado cuatro equipos de monitorización portátil, equipados con sensores ópticos de tecnología láser que permiten cuantificar las partículas en suspensión y sensores electroquímicos que permiten medir concentración de gases, lo que permitirá valorar la calidad del aire del entorno.

Los resultados de las mediciones de los sensores, se comparan con los obtenidos por los equipos de referencia instalados en la estación de Cuatro Caminos, perteneciente a la red del Sistema Integral de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid (SICA).

En la tabla adjunta se detallan los sensores con los que cuenta cada equipo de monitorización ambiental instalado:

| Equipo | PM10 | PM2.5 | NO ₂ | O ₃ | Viento | T ^a | Humedad | Presión | Sonido |
|----------|------|-------|-----------------|----------------|--------|----------------|---------|---------|--------|
| A10-IGB1 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| A10-IGB2 | X | X | X | X | | X | X | X | |
| P10-IGB1 | X | X | | | | X | X | X | X |
| P10-IGB2 | X | X | | | X | X | X | X | X |

Las estaciones de la red de calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid están dotadas de los analizadores y captadores necesarios para el correcto seguimiento y evaluación de la calidad del aire en su entorno, además de disponer de sensores meteorológicos.

Tal y como se ha indicado, los equipos de monitorización cuentan con sensores ópticos y electroquímicos cuya correlación con las estaciones de referencia es adecuada para los fines de evaluación fijados, pero no equivalente. Por lo que los sensores instalados en la estación de referencia permitirán comprobar que las curvas de variación temporal sigan la misma tendencia y en su caso determinar la ecuación de regresión entre ambos.

La situación y localización de cada sensor se ha determinado en base tanto a la distancia al foco emisor y la proximidad de la población sensible o más vulnerable a los impactos sobre la calidad atmosférica (edificios residenciales y centros educativos situados en los alrededores de la zona de actuación fundamentalmente). Al tratarse de un entorno urbano totalmente consolidado, se han buscado las ubicaciones que permiten cubrir la mayor parte del perímetro del Estadio Santiago Bernabéu y así quedar cubiertas todas las componentes de viento.



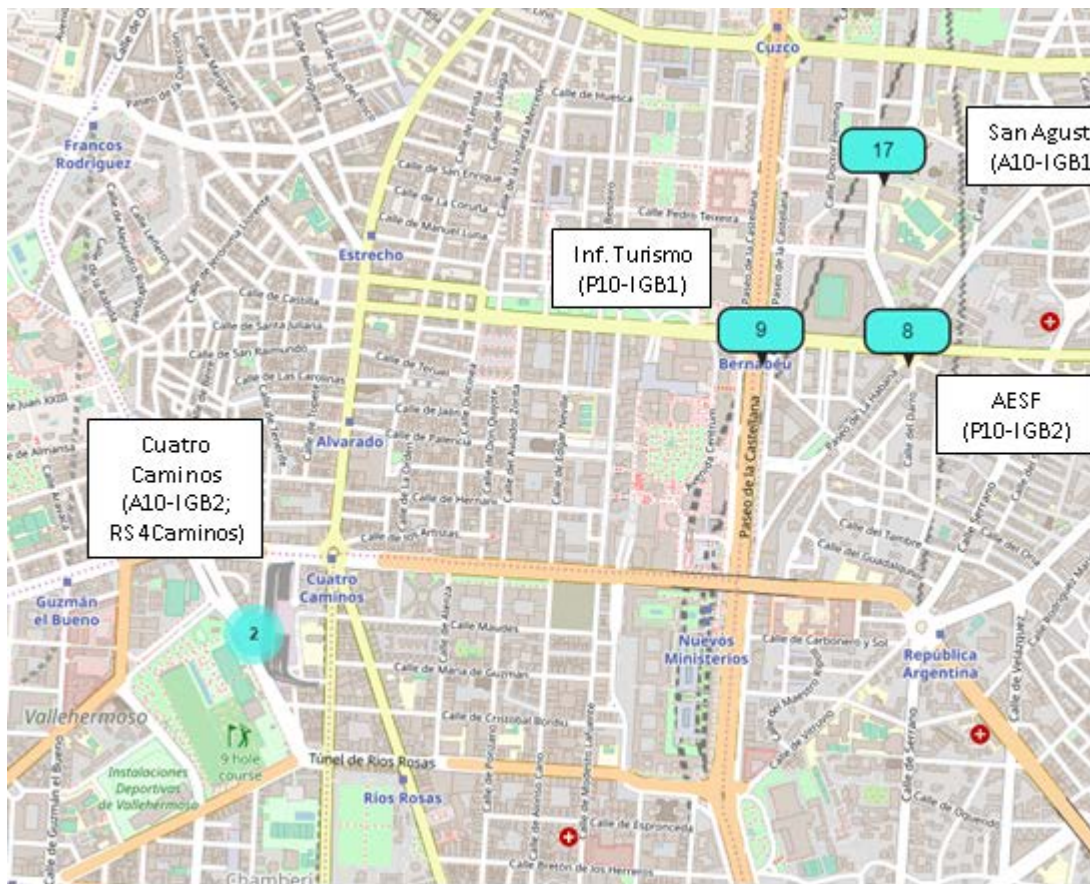
En la siguiente tabla se recoge la localización de los equipos de monitorización instalados:

| Equipo monitorización | N.º serie | Localización actual |
|-----------------------|------------|--|
| A10-IGB1 | 0136190000 | Colegio San Agustín |
| A10-IGB2 | 0136190001 | Cuatro Caminos |
| P10-IGB1 | 0136190002 | Oficina de Turismo |
| P10-IGB2 | 0136190003 | Agencia Estatal Seguridad Ferroviaria (AESF) |

Para valorar la incidencia meteorológica en la propagación o inmisión de las partículas en suspensión (PM_{10}), se registra en continuo la velocidad y dirección de viento. Para ello, el equipo instalado en la Oficina de Turismo cuenta con el equipamiento auxiliar, anemómetro y veleta, que permite dicho control.

Por último, se ha establecido un plan de control y seguimiento acústico que permite identificar la presión sonora en el entorno. El seguimiento acústico se realiza a partir de mediciones en continuo, proporcionadas por los sonómetros instalados tanto en el Colegio San Agustín, como en la AESF y en la Oficina de Turismo.

A continuación, se incluye esquema en el que se localizan los puntos de control.



El periodo analizado en el presente boletín comprende del 1 al 31 de octubre de 2021.



2. Índice de calidad del aire. Resumen de resultados.

La información en materia de calidad del aire se resume utilizando el índice AQI.

El Índice de Calidad del Aire Europeo (AQI) fue puesto en marcha en noviembre de 2017 por la Agencia Europea de Medio Ambiente y la Comisión Europea.

En España, el Índice Nacional de Calidad del Aire se aprueba por Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo. El día 2 de septiembre de 2020, se modifica la Orden para incluir en la lista el rango "Extremadamente desfavorable".

El Índice Nacional de Calidad del Aire se basa en los siguientes contaminantes:

- Partículas en suspensión PM10
- Partículas en suspensión PM2.5
- Ozono troposférico (O₃)
- Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Dióxido de azufre (SO₂)

Del conjunto de contaminantes, sólo se considera asociado a la actividad de construcción el material particulado PM10. El análisis del conjunto se realiza para poder determinar cuál es el pésimo, así como la incidencia relativa de PM10 frente al resto.

El índice AQI se establece, de acuerdo con las instrucciones dictadas por la Agencia Europea de Medio Ambiente, en base al contaminante de mayor concentración, dentro de la distribución establecida para cada uno de ellos, reflejada en el cuadro siguiente:

| CALIDAD DEL AIRE | | | Índice de Calidad del Aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | | |
|---|-------|----------------------|---|--------------|------------------|-----------------------------|
| Contaminantes | Bueno | Razonablemente buena | Regular | Desfavorable | Muy desfavorable | Extremadamente desfavorable |
| Partículas PM2.5 | 0-10 | 11-20 | 21-25 | 26-50 | 51-75 | 76-800 |
| Partículas PM10 | 0-20 | 21-40 | 41-50 | 51-100 | 101-150 | 151-1200 |
| Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) | 0-40 | 41-90 | 91-120 | 121-230 | 231-340 | 341-1000 |
| Ozono (O ₃) | 0-50 | 51-100 | 101-130 | 131-240 | 241-380 | 381-800 |

Conforme a lo establecido en la Orden TEC/351/2019, indicada anteriormente, el cálculo de los valores (concentraciones) diferirá en función del contaminante analizado:



- NO₂ y SO₂: se utilizarán los valores de concentraciones horarias para el cálculo del índice.
- PM_{2.5} y PM₁₀: el cálculo del índice se hará en base a la media móvil de las 24h anteriores.
- O₃: se utiliza la media móvil de las últimas 8 horas

Para establecer el calendario AQI se utilizarán los registros del equipo instalado en el Colegio San Agustín. Se utiliza este equipo como característico del Plan de Control Ambiental, por ser el que permite discernir entre concentración de gases y material particulado.

En la tabla adjunta se resumen los resultados del Índice de Calidad a lo largo del periodo.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| OCTUBRE | Am | Am | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo | Bo |

Desde el punto de vista del seguimiento ambiental de la obra, es importante destacar que el contaminante determinante del índice de calidad ha sido el NO₂, salvo el día 2 que fue el O₃, ninguno de los dos asociados a la actividad de construcción.

El análisis de los registros continuos horarios permite determinar el porcentaje del tiempo en el que ha existido un índice de exposición a lo largo del mes. En este caso, la distribución total de contaminantes ha sido:

- Bueno: 26.55%
- Razonablemente bueno: 65.50%
- Regular: 5.93%
- Desfavorable: 2.02%

Como puede apreciarse durante el **92.05%** del tiempo que comprende el presente informe, **la calidad del aire ha sido buena o razonablemente buena**.

Los valores máximos diarios (PM_{2,5} y PM₁₀) y los valores máximos horarios (NO₂ y O₃) registrados por los sensores de seguimiento y control se resumen a continuación:

| Contaminante | Valores máximos | Sensor donde se ha registrado el valor |
|-----------------------|--------------------------|--|
| PM _{2.5} (*) | 16.26 µg/m ³ | Cuatro Caminos |
| PM ₁₀ (*) | 25.38 µg/m ³ | Cuatro Caminos |
| NO ₂ | 166.00 µg/m ³ | Cuatro Caminos |
| O ₃ | 122.06 µg/m ³ | Cuatro Caminos |

(*) Media móvil de las 24h anteriores

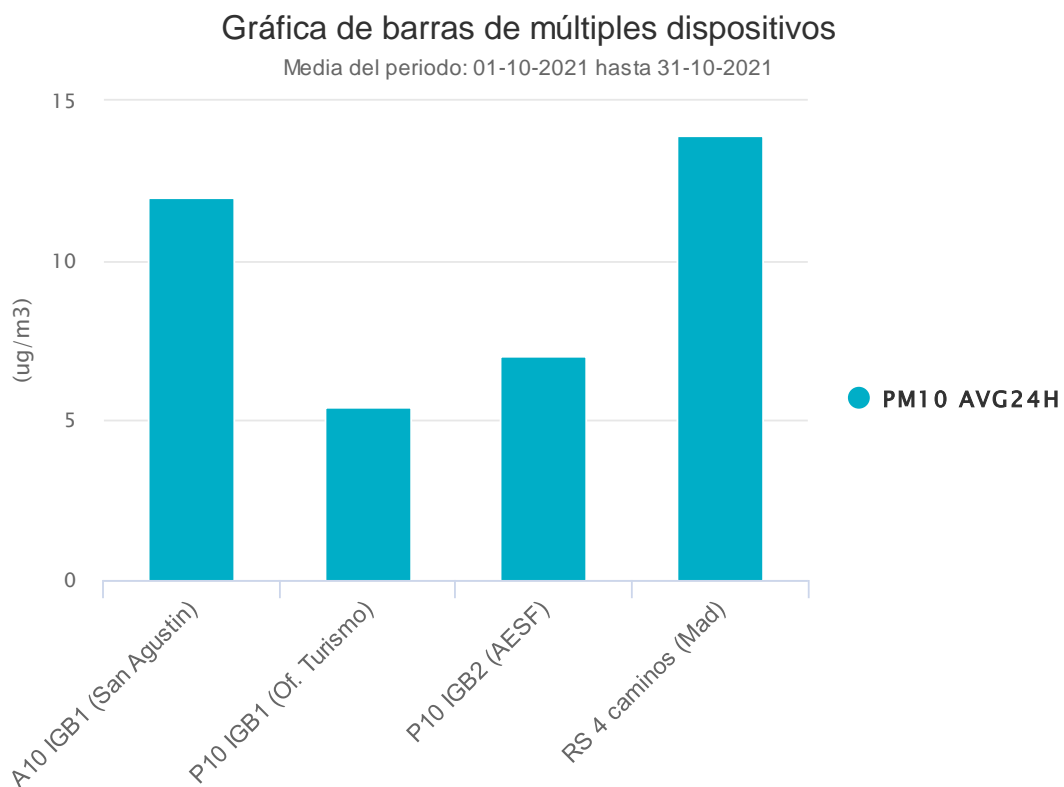


3. Seguimiento y control de partículas gruesas. PM₁₀

El valor límite diario y valor límite anual definido en la legislación vigente de aplicación se resumen en la siguiente tabla:

| | |
|--|--|
| VALOR LÍMITE DIARIO para la protección de la salud humana: 50 µg/m³ (Que no podrán superarse en más de 35 ocasiones al año) | VALOR LÍMITE ANUAL para la protección de la salud humana: 40 µg/m³ |
|--|--|

Se recoge en la siguiente gráfica los valores medios diarios PM₁₀ registrados en cada equipo de monitorización, así como los de las estaciones de referencia (SICA), del 1 al 31 de octubre de 2021.



En la siguiente tabla se recogen los valores medios obtenidos, junto con los valores máximos diarios registrados y el número de días en que se han superado los límites marcados por la legislación en cada una de las estaciones de medición.

Para la determinación del número de días en los que se supere el valor límite diario se ha utilizado la concentración obtenida de la media móvil de las 24 horas



anteriores, al ser el mismo criterio que se utilizará para la determinación del Índice de Calidad del Aire.

| PM10 | Of. Turismo | San Agustín | AESF | RS Cuatro Caminos |
|---|-------------|-------------|-------|-------------------|
| Valores medios diarios ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 5.39 | 11.98 | 6.99 | 13.89 |
| Valores máximos diarios ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (*) | 18.90 | 24.80 | 12.77 | 25.38 |
| Nº días superaciones valor límite diario (> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 0 | 0 | 0 | 0 |

Los valores registrados en los puntos de control cercanos al ámbito de la obra han sido bajos durante todo el mes.

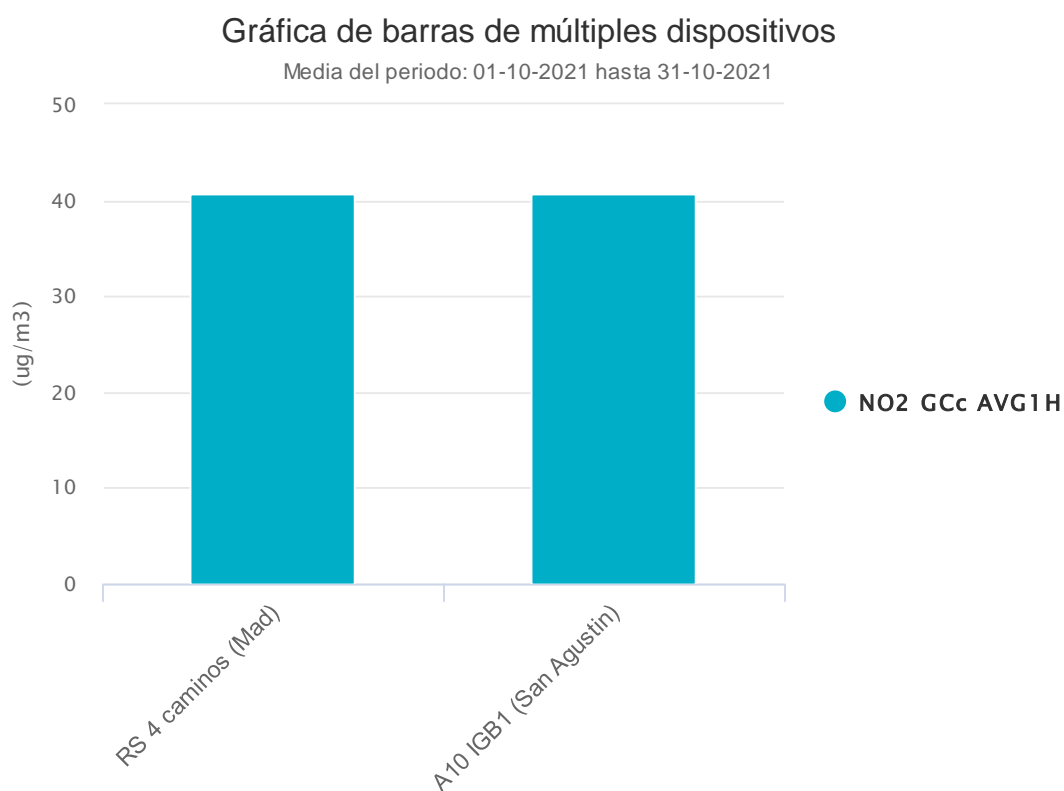


4. Seguimiento y control mensual de la inmisión de NO₂

Los valores límite y umbrales de alerta definidos en la legislación vigente se resumen en la siguiente tabla:

| | | |
|--|--|---|
| VALOR LÍMITE HORARIO para la protección de la salud humana 200 µg/m³ que no podrán superarse en más de 18 ocasiones al año | VALOR LÍMITE ANUAL para la protección de la salud humana 40 µg/m³ | UMBRAL DE ALERTA 400 µg/m³ 3 horas consecutivas en un área > 100 km ² |
|--|--|---|

Los valores medios de concentración de NO₂, registrados del 1 al 31 de octubre de 2021, se detallan en la siguiente gráfica.



En relación con el valor límite anual, durante el mes de octubre, se han registrado valores medios del orden al valor límite anual (40 µg/m³), tanto en la estación de Cuatro Caminos, como en el Colegio San Agustín.



No obstante, este valor límite hace referencia a la media anual por lo que no debe compararse con los valores registrados durante un periodo de medición mensual, salvo como previsión de la posible tendencia.

En la siguiente tabla se recogen los valores medios registrados en cada estación de medición, junto con los valores máximos horarios registrados en cada una, así como el número de veces que se haya podido superar el límite horario durante el periodo:

| NO₂ | Colegio San Agustín | RS Cuatro Caminos |
|--|----------------------------|--------------------------|
| Valores medios ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 40.62 | 40.62 |
| Valores máximos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 158.17 | 166 |
| Veces superación límite horario | 0 | 0 |
| Media anual (2021 en curso) | 28.69 | 31.10 |



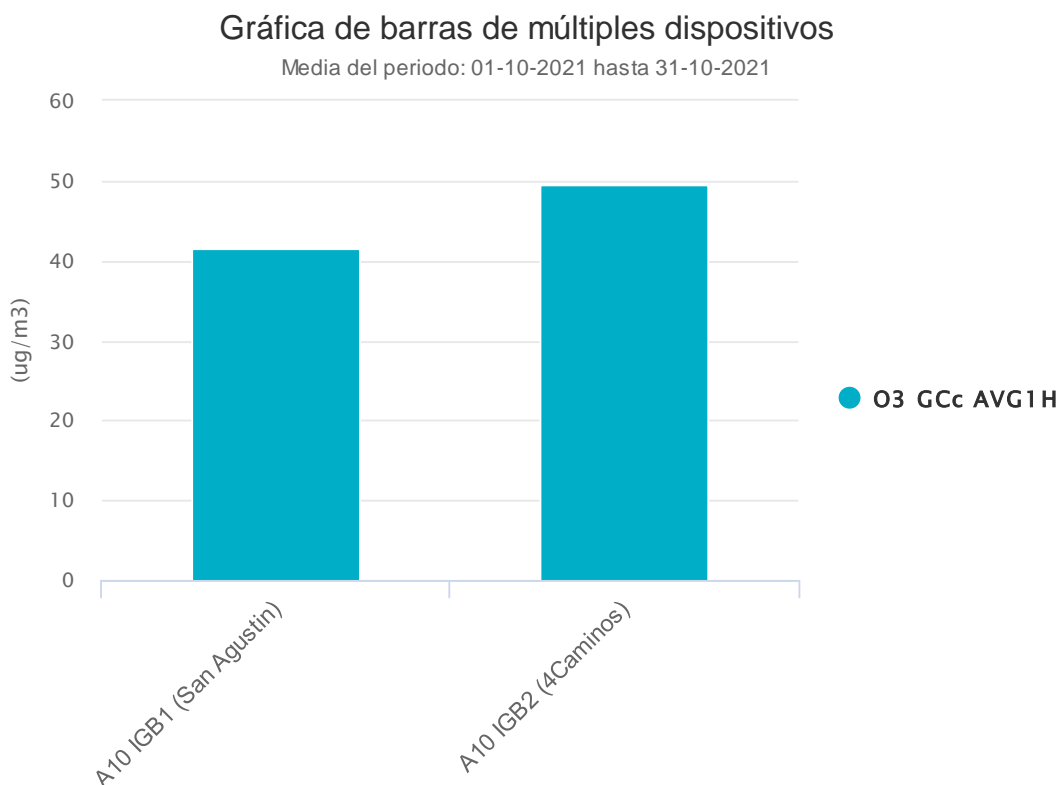
5. Seguimiento y control mensual de la inmisión de O₃

Los valores límite, umbral de alerta y valor objetivo definidos en la legislación vigente se resumen en la siguiente tabla:

| UMBRAL DE INFORMACIÓN | UMBRAL DE ALERTA | VALOR OBJETIVO |
|--|--|---|
| 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Como valor medio de 1 hora) | 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Como valor medio de 1 hora) | para la protección de la salud humana: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media octohoraria máxima en un día) Que no podrá superarse más de 25 días por año de promedio en un periodo de 3 años |

En este caso, ninguna de las dos estaciones pertenecientes al Sistema Integral de Calidad del Aire dispone de equipos para registrar concentraciones de ozono. No obstante, como es un gas con una alta capacidad de oxidación que afecta a las vías respiratorias y cuya concentración, especialmente en verano, suele ser elevada, en el Plan de Vigilancia Ambiental de la obra se ha previsto monitorización.

Al no disponer de equipos de referencia municipales en las estaciones utilizadas, el seguimiento se realiza desde los equipos de monitorización específicos de las obras.





Durante el periodo de estudio no se ha llegado a superar el umbral de información de ozono que se fija en $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como media horaria. Tampoco se ha superado el valor objetivo para la protección de la salud humana, con medias octohorarias superiores a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la siguiente tabla se recogen los valores medios registrados, junto con los valores máximos horarios y las superaciones de los umbrales de información y del valor objetivo:

| OZONO | Colegio San Agustín | Cuatro Caminos |
|---|----------------------------|-----------------------|
| Valores medios ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 41.50 | 49.57 |
| Valores máximos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 105.07 | 122.06 |
| Valores máximos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con medias octohorarias | 92.21 | 106.41 |
| Nº días superación valor objetivo ($> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) | 0 | 0 |
| nº días superaciones valor umbral de información ($> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) | 0 | 0 |

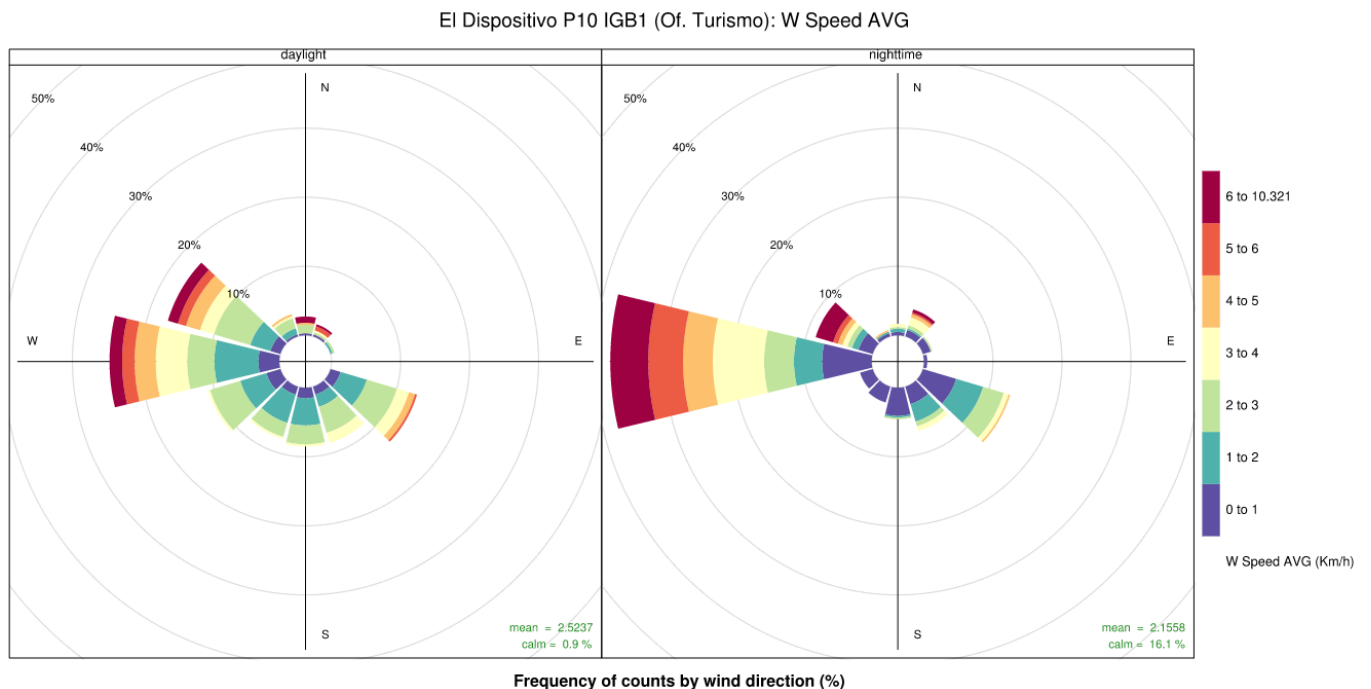
En cualquier caso, el ozono es un contaminante secundario que se crea a partir de reacciones de la luz solar con los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre, cuyo origen fundamental en el entorno urbano es el tráfico.



6. Resumen meteorológico.

Los datos climatológicos, especialmente velocidad y dirección del viento, son factores de alta incidencia en la dispersión de contaminantes.

En el diagrama adjunto se representa las componentes principales del viento. La localización del Estadio Santiago Bernabéu en un entorno completamente consolidado hace que todas las direcciones del viento sean consideradas desfavorables. Si bien, por la localización de los centros docentes, pudiera considerarse la componente suroeste como ligeramente más desfavorable.



Como puede apreciarse, durante el mes de octubre el conjunto de vientos de componente oeste-noroeste han sido los más frecuentes, tanto de día como especialmente de noche. Siendo en esta última franja horaria sensiblemente más veloces. Como ya es sabido, a mayor velocidad mayor probabilidad de movilización de contaminantes.



En la tabla adjunta se incluye el resumen de los datos registrados durante el mes de octubre.

| | Valor máximo | Valor mínimo | Media |
|------------------|--------------|--------------|-------|
| Temperatura (°C) | 25.20 | 7.47 | 16.54 |
| Humedad (%) | 94.34 | 17.99 | 50.71 |
| Viento (km/h) | 19.19 | 0 | 2.32 |

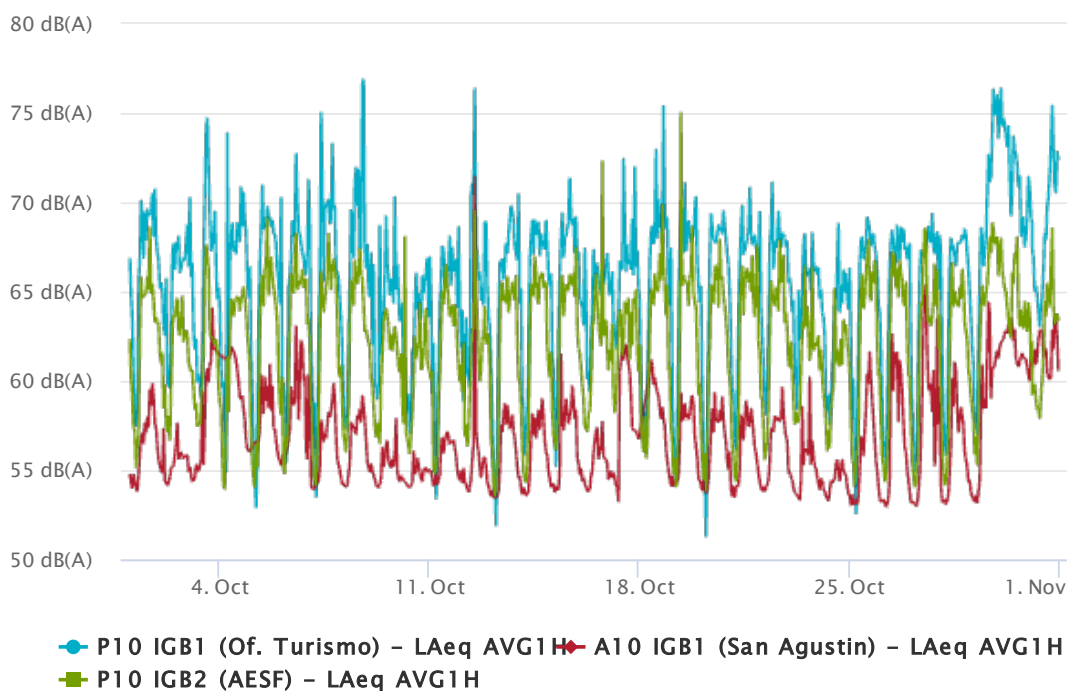
La velocidad máxima de viento tomada como referencia es de 20 km/h, siendo la velocidad media registrada 2.32 km/h.

La velocidad máxima se registró el 22 de octubre.



7. Seguimiento acústico.

En primer lugar, se incluyen los registros en continuo con los niveles horarios equivalentes de los tres puntos de control.



El detalle estadístico de los registros, detallado por puntos de control, es:

P10 IGB1 (Of. Turismo) - LAeq AVG1H (dB(A))

Max: 76.88
Min: 51.28
Media: 67.56
SD: 4.91

P10 IGB2 (AESF) - LAeq AVG1H (dB(A))

Max: 75.05
Min: 53.53
Media: 63.49
SD: 3.98

A10 IGB1 (San Agustín) - LAeq AVG1H (dB(A))

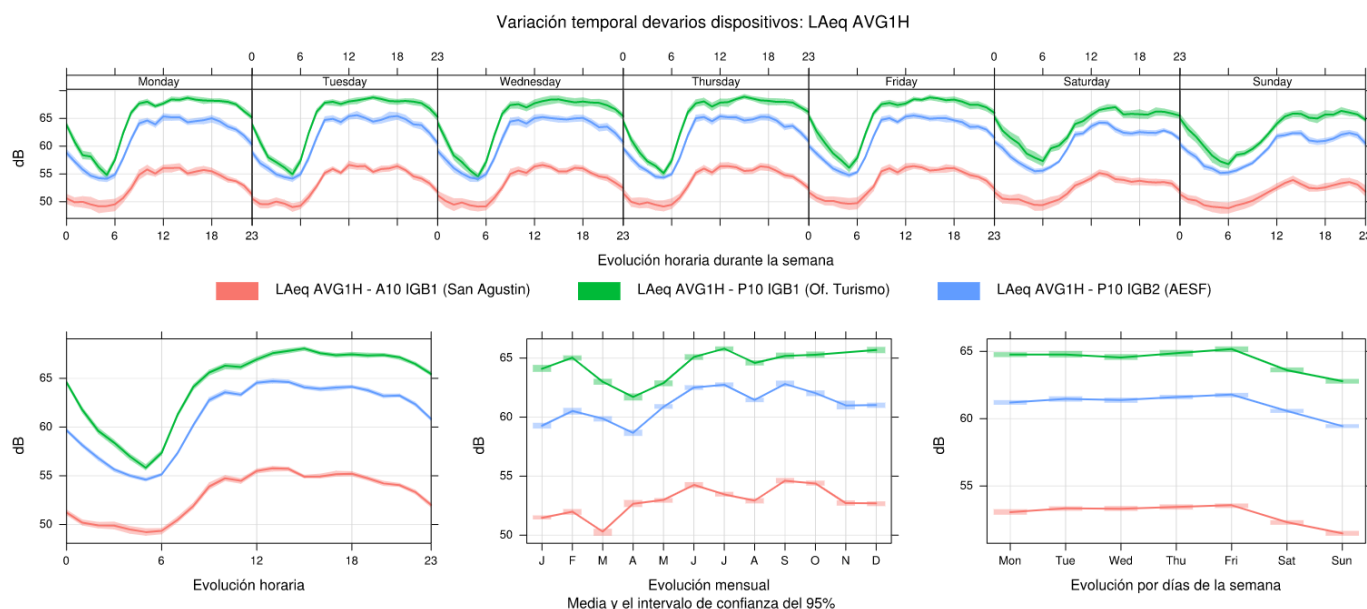
Max: 71.49
Min: 52.93
Media: 57.99
SD: 2.98

Como se puede apreciar, existe una cierta diferencia entre las mediciones de la Of. de Turismo y la AESF, respecto al colegio San Agustín, por estar esas zonas más expuestas a la acción del tráfico. En cualquier caso, los registros se encuentran en línea con las de los meses anteriores.



Para profundizar de forma efectiva en la posible incidencia de las obras en el entorno, se procede a analizar la variación temporal de los registros.

Variación temporal a origen



En las gráficas se representa tanto el valor medio, línea continua, como el intervalo de confianza del 95%, zona sombreada en el color identificativo de cada sonómetro.

La evolución semanal es muy similar cada día de la semana. Existe una marcada zona valle que se inicia a partir de las 22:00, registrando los valores mínimos en torno a las 05:00, hora a partir de la cual se incrementa la presión acústica, estabilizándose los niveles sonoros a lo largo del día y la tarde. Los fines de semana, el descenso nocturno es menos acusado, siendo el incremento diurno, del mismo modo, más suave (prolongado a lo largo de la mañana).

Tal y como se aprecia en la gráfica de variación temporal, se registran valores más elevados en los puntos de control P10 IGB1 (oficina de turismo) y P10 IGB2 (AESF), frente al localizado en el Colegio San Agustín (A10 IGB1). Este comportamiento es análogo al reflejado en el Mapa de Ruido 2016 del Ayuntamiento de Madrid para la situación preoperacional.

Los valores medios, correspondientes al periodo diurno, son:

- Oficina de Turismo: 67-68 dB(A)
- Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria: 65 dB(A)
- Colegio San Agustín: 55-56 dB(A)



Los objetivos de calidad acústica para áreas urbanizadas existentes, conforme se establecen en el documento "Áreas Acústicas de Madrid 2018", son:

| ÁREA ACÚSTICA | ÍNDICE DE RUIDO dB(A) | | |
|---------------|--------------------------|----------------|----------------|
| | L _d | L _e | L _n |
| Tipo A | 65 | 65 | 55 |
| Tipo C | 73 | 73 | 63 |

El uso característico de las áreas tipo "A" es el residencial, mientras que en las de tipo "C" es recreativo y de espectáculos.



8. Conclusiones.

A la vista de los resultados obtenidos en el presente informe de seguimiento se aprecia que prácticamente la totalidad del tiempo (92.05%) el índice de calidad del aire ha sido bueno o razonablemente bueno y en los periodos en los que no ha sido así, los contaminantes condicionantes han sido ajenos a los producidos por la obra (O_3 y NO_2), por lo que se considera que las obras de urbanización del PLAN ESPECIAL DE MEJORA DEL MEDIO URBANO Y DE ORDENACIÓN PORMENORIZADA DEL ESTADIO SANTIAGO BERNABÉU **no han supuesto un impacto significativo sobre la calidad del aire**, ni sobre la exposición acústica de la población vulnerable, considerada como tal la que se encuentra en el entorno de 1 km alrededor de la obra.

La valoración ambiental global se considera conforme al Plan de Vigilancia Ambiental implantado.

Madrid, 09 de noviembre de 2021