LABORATORI DEL CENTRE DE MEDI AMBIENT
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONA**TECH**

ESTUDIO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE INMISIÓN GENERADOS POR LA ESTACIÓN DE CONTROL DEL AIRE DEL GOBIERNO VASCO. CÁLCULO DE RETROTRAYECTORIAS APLICADO A LA CONFIRMACIÓN DEL ORIGEN DE EPISODIOS

Entidad solicitante : AYUNTAMIENTO DE HERNANI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Laboratori del Centre de Medi Ambient

INFORME Nº 5



BARCELONA MAYO 2018

1. INTRODUCCIÓN

Para la valoración de la calidad del aire de Hernani es necesaria la realización de un análisis estadístico de los valores de los niveles de inmisión generados por la estación de control de calidad del aire del Gobierno Vasco en los últimos años, instalada en el centro del área urbana de Hernani. Este análisis permite no solo la valoración de la comparativa con los niveles de calidad fijados en la legislación actual, sino también analizar la evolución de los mismos, evaluar el número de episodios y sus niveles de concentración, y determinar el origen de éstos mediante la elaboración de rosas de episodios y cálculo de retrotrayectorias. La información obtenida está dirigida a determinar el volumen de las emisiones de las fuentes origen responsables de los episodios registrados en dicha estación.

2. BASES DE DATOS NIVELES DE INMISIÓN

El análisis estadístico se ha basado en los datos proporcionados por la estación de control del Gobierno Vasco situada en:

C/Aristazabal s/n Centro Salud Hernani
Coordenada UTM X: 582962 (ETRS89)
Coordenada UTM Y: 4791020 (ETRS89)



Figura 1. Situación estación control calidad del aire del Gobierno Vasco



Figura 2. Situación de la estación de control de la calidad del aire del Gobierno Vasco en el edificio del Centro de Salud de Hernani

La información registrada por la estación de control de la calidad del aire que se ha utilizado para el análisis estadístico es la siguiente:

Período: Años 2012 al 2017 y meses de Enero-Abril de 2018
Parámetros:

- Niveles de inmisión horarios y diarios de:

  NO ($\mu g/m^3$)
  NOx ($\mu g/m^3$)
  PM_{10} ($\mu g/m^3$)
  SO_2 ($\mu g/m^3$)
  H_2S ($\mu g/m^3$)

- Parámetros meteorológicos correspondientes a los niveles de inmisión:
  Dirección del viento (grados)
  Humedad Relativa (%)
  Presión atmosférica (mBar)
  Radiación solar (W/m^2)
  Temperatura (^oC)
  Velocidad del viento (m/s)

Para el análisis estadístico se han escogido los períodos con la máxima continuidad de los valores de concentración de los distintos contaminantes dentro del período 2012-2018

3. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

Con la finalidad de complementar el análisis estadístico de los valores de las variables meteorológicas procedentes del punto de control de los niveles de inmisión, se ha analizado la variabilidad de la dirección del viento (rosas de episodios anuales y por franjas horarias), velocidad del viento y temperatura en períodos horarios, día de la semana, hora del día, mensual y anual.

3.1. Dirección del viento

La rosa de vientos del período del 2015 al 2017 se puede observar en la figura 3, presentando direcciones del viento predominantes con un sector principal de S-SW y un segundo correspondiente al sector NW-NE, con menor frecuencia que el anterior. Las figuras 4-6 presentan las rosas de vientos de los años 2015, 2016 y 2017, respectivamente.

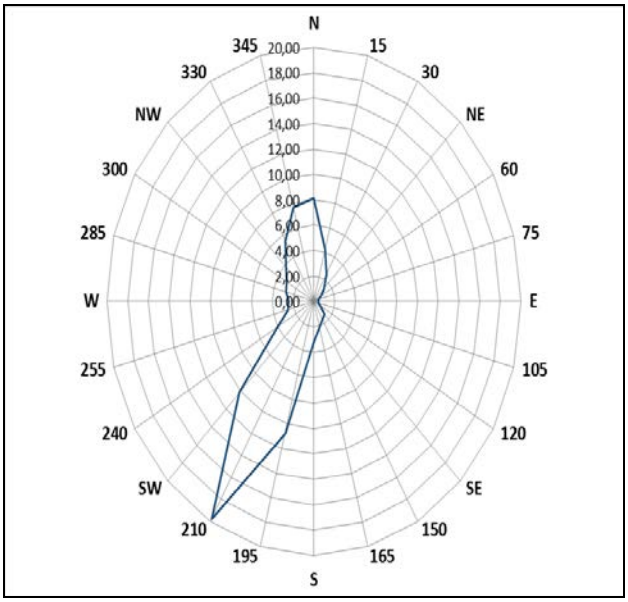


Figura 3. Rosa de vientos período 2015 a 2017

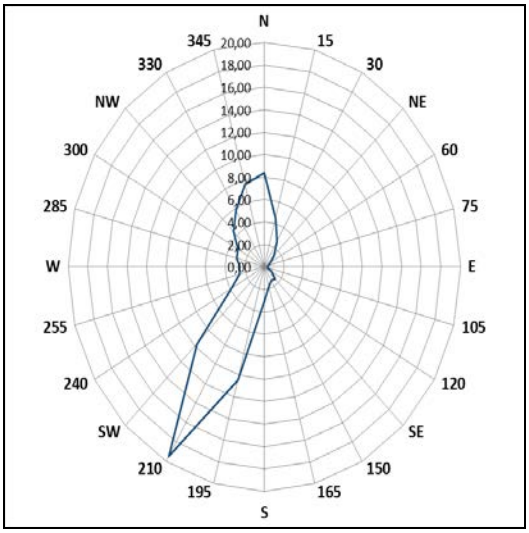


Figura 4. Rosa de vientos año 2015

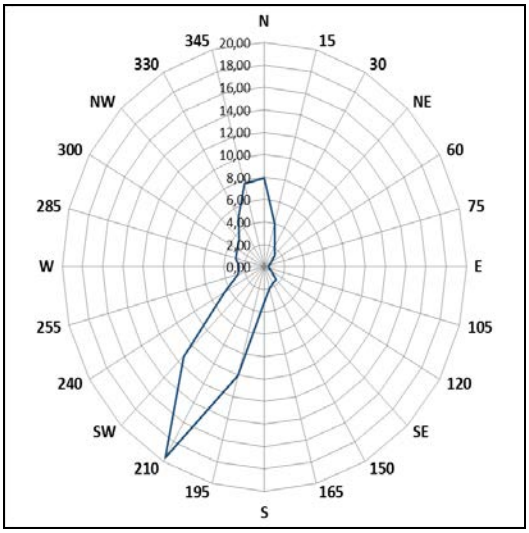


Figura 5. Rosa de vientos año 2016

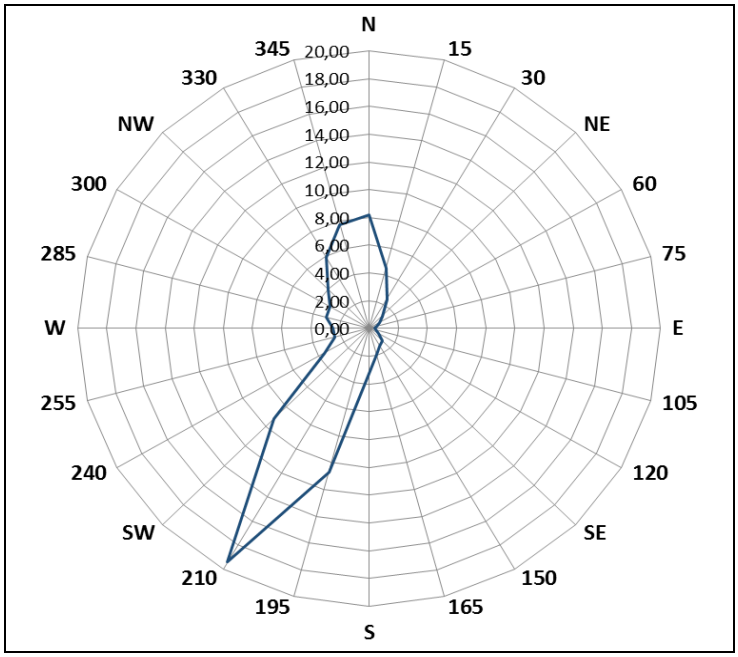


Figura 6. Rosa de vientos año 2017

La rosa de vientos corresponde al punto donde se encuentra situada la estación meteorológica, instalada en la cubierta del Centro de Salud Hernani, donde también se encuentra ubicada la estación de control de la calidad del aire del Gobierno Vasco. En la figura 7 se puede observar que las direcciones predominantes del viento vienen determinadas por la orografía del terreno.

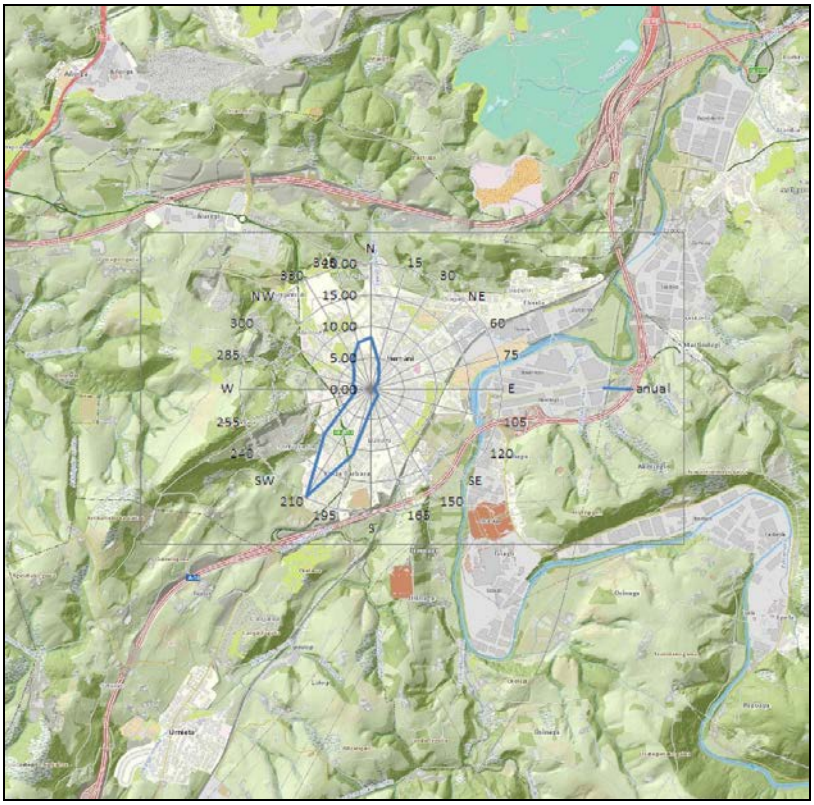


Figura 7. Rosa de los vientos situada sobre el mapa de la zona y centrada en la ubicación de la cabina de control

Otro análisis importante a tener en cuenta es la determinación las frecuencias de dirección del viento en diferentes franjas horarias, que podrán ser usados para posteriores estudios de potenciales orígenes de impactos de actividades situadas en el entorno del área urbana de Hernani. En las figuras 8 a 13 se pueden observar las diferentes rosa de vientos correspondientes a las franjas horarias de 1 a 4, 5 a 8, 9 a 12, 13 a 16, 17 a 20 y 21 a 24 GMT (Greenwich Mean Time).

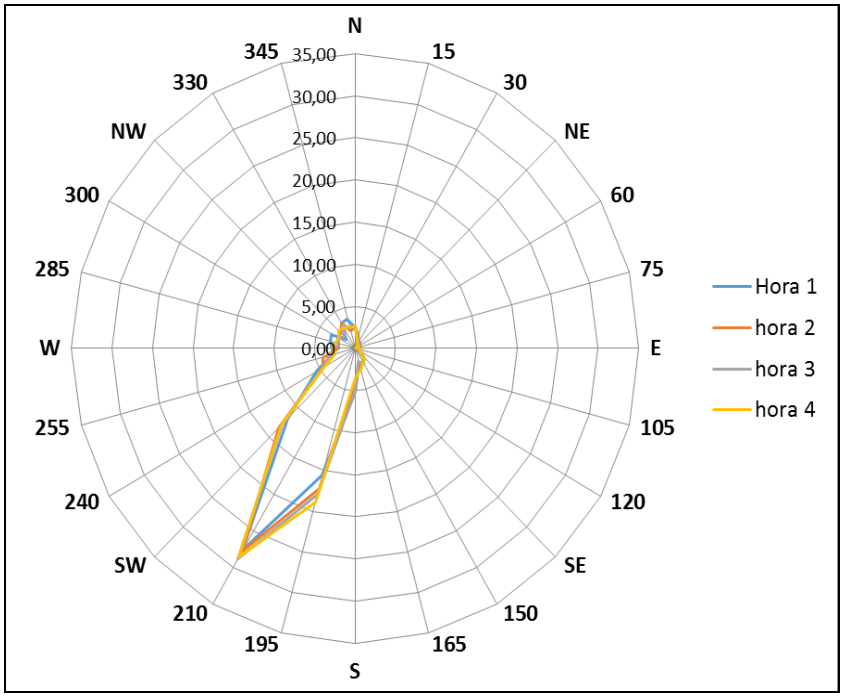


Figura 8. Rosa de vientos franja horaria 1 a 4 GMT

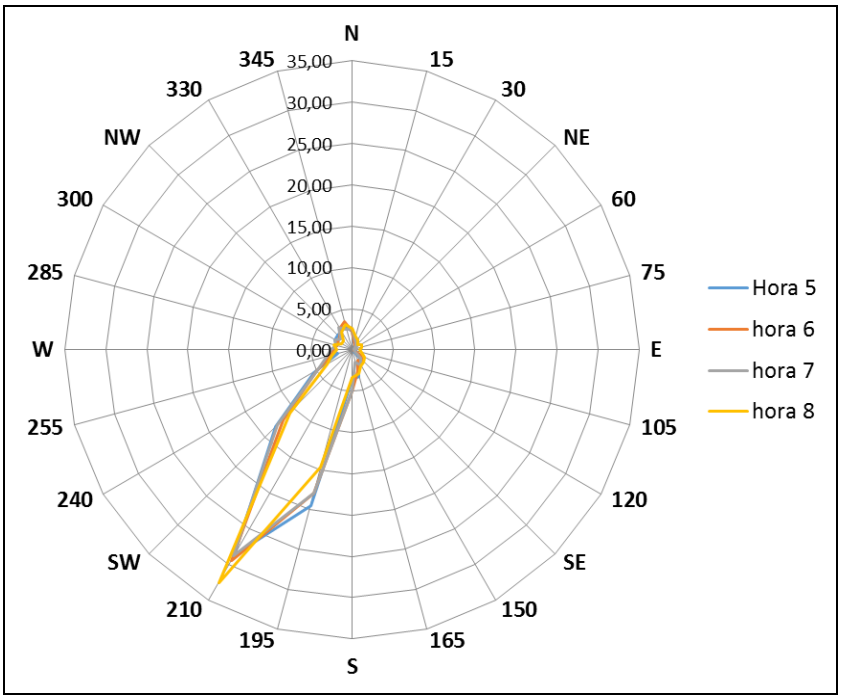


Figura 9. Rosa de vientos franja horaria 5 a 8 GMT

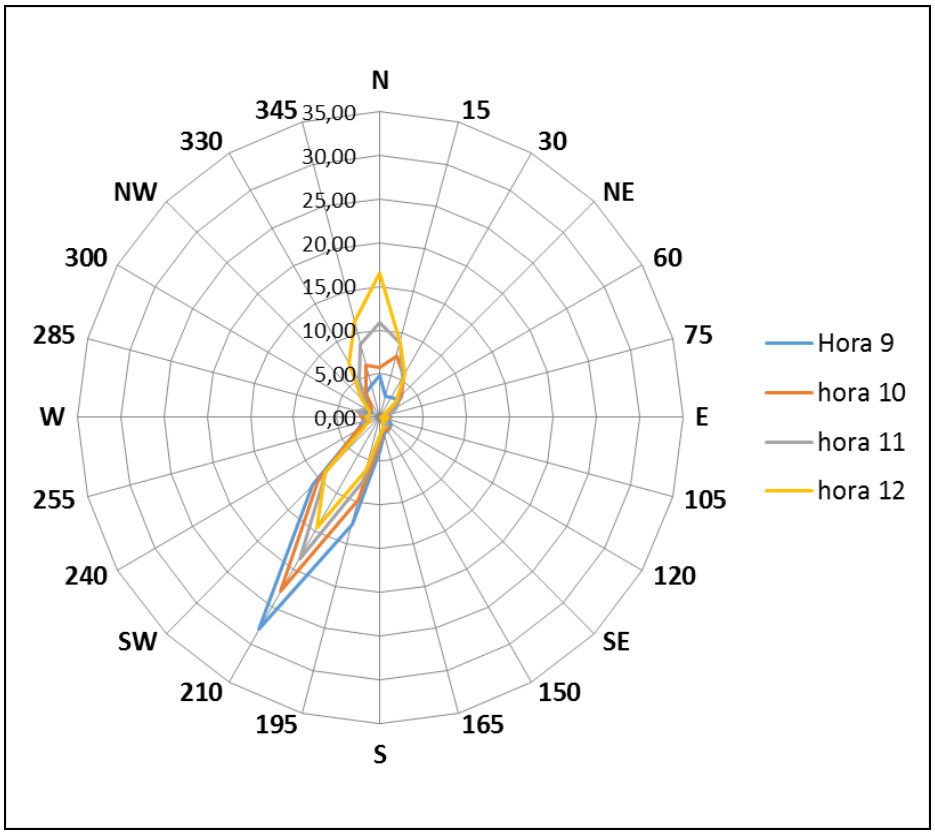


Figura 10. Rosa de vientos franja horaria 9 a 12 GMT

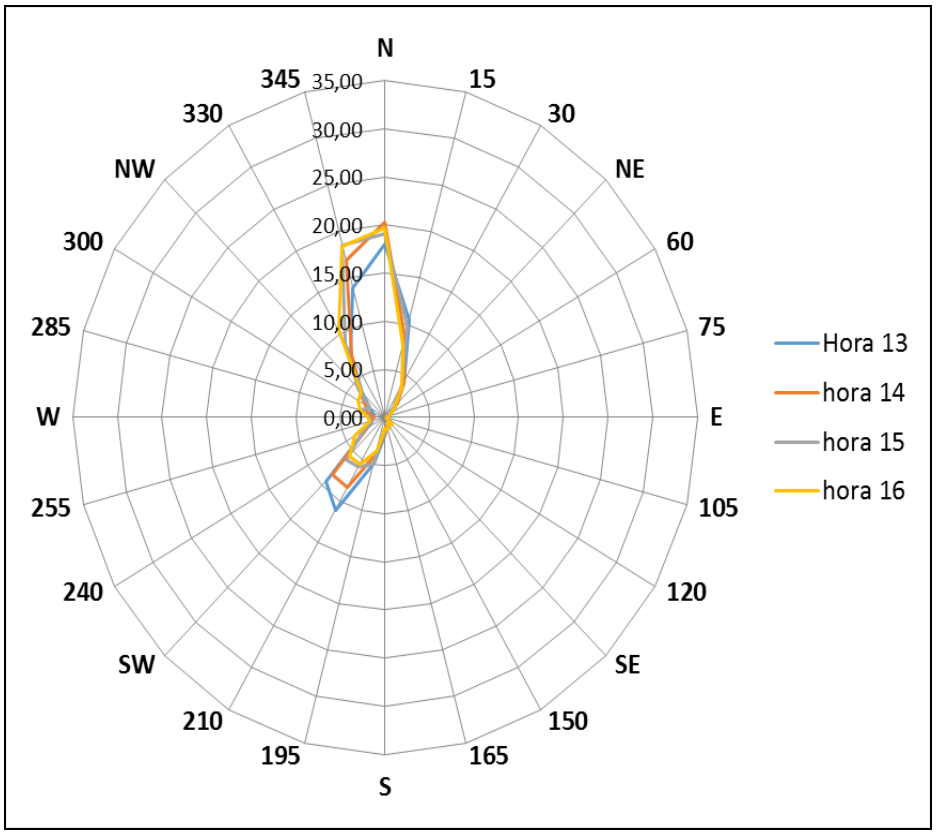


Figura 11. Rosa de vientos franja horaria 13 a 16 GMT

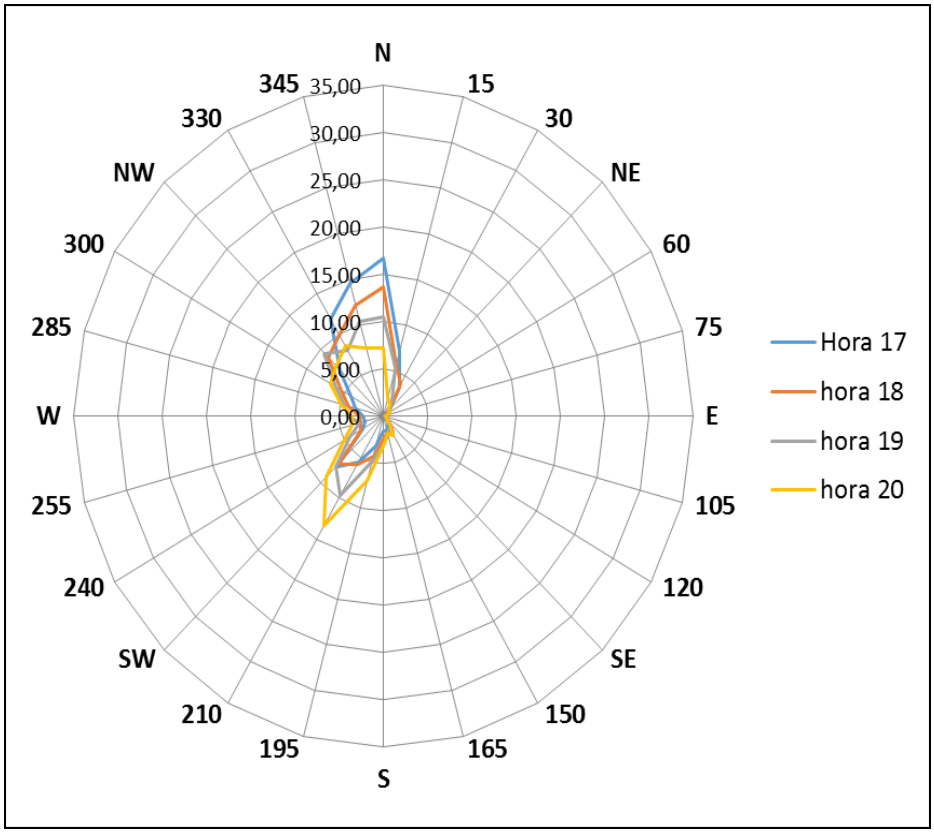


Figura 12. Rosa de vientos franja horaria 17 a 20 GMT

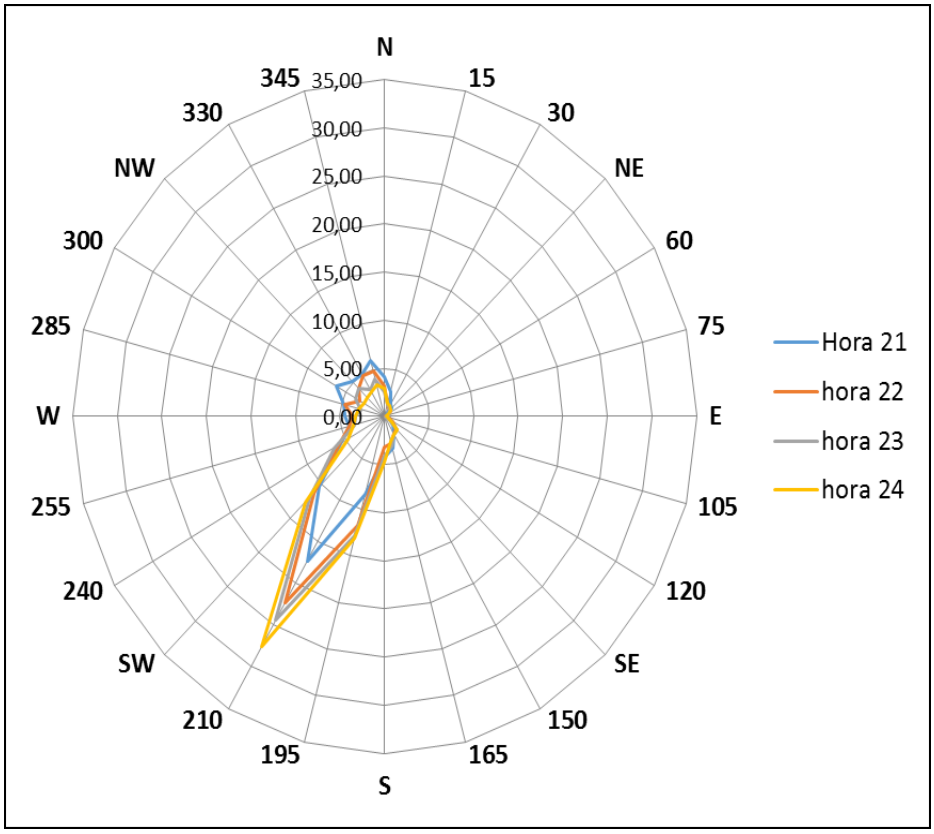


Figura 13. Rosa de vientos franja horaria 21 a 24 GMT

3.2. Velocidad del viento

El análisis de la velocidad del viento se ha realizado determinando su variabilidad a lo largo de las diferentes horas del día (ver figura 14), según la hora y día de la semana (ver figura 15), meses (ver figura 16) y años (ver figura 17).

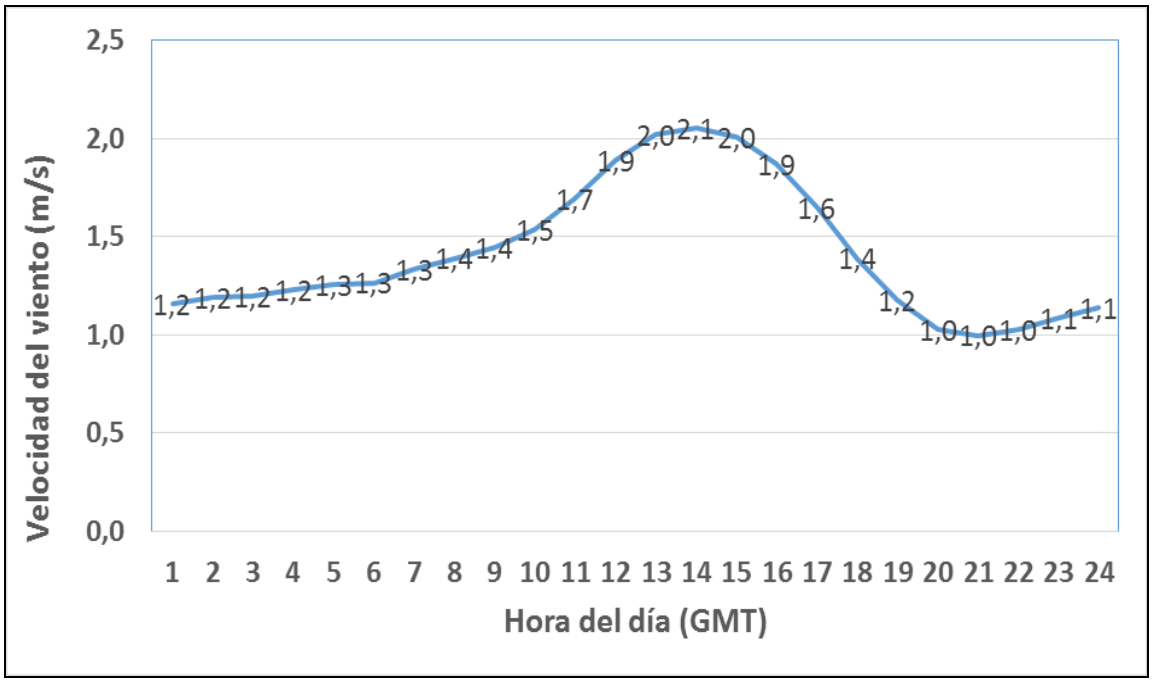


Figura 14. Evolución de la velocidad promedio horaria del viento durante las horas del día

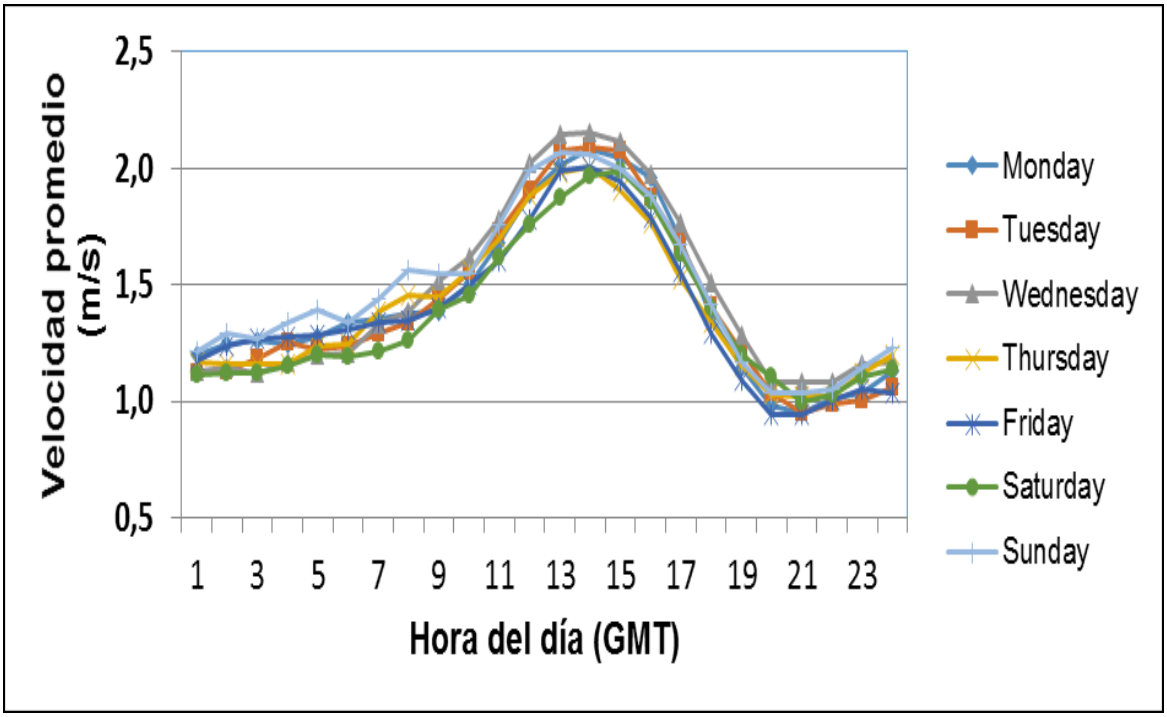


Figura 15. Evolución de la velocidad del viento durante las horas y días de la semana

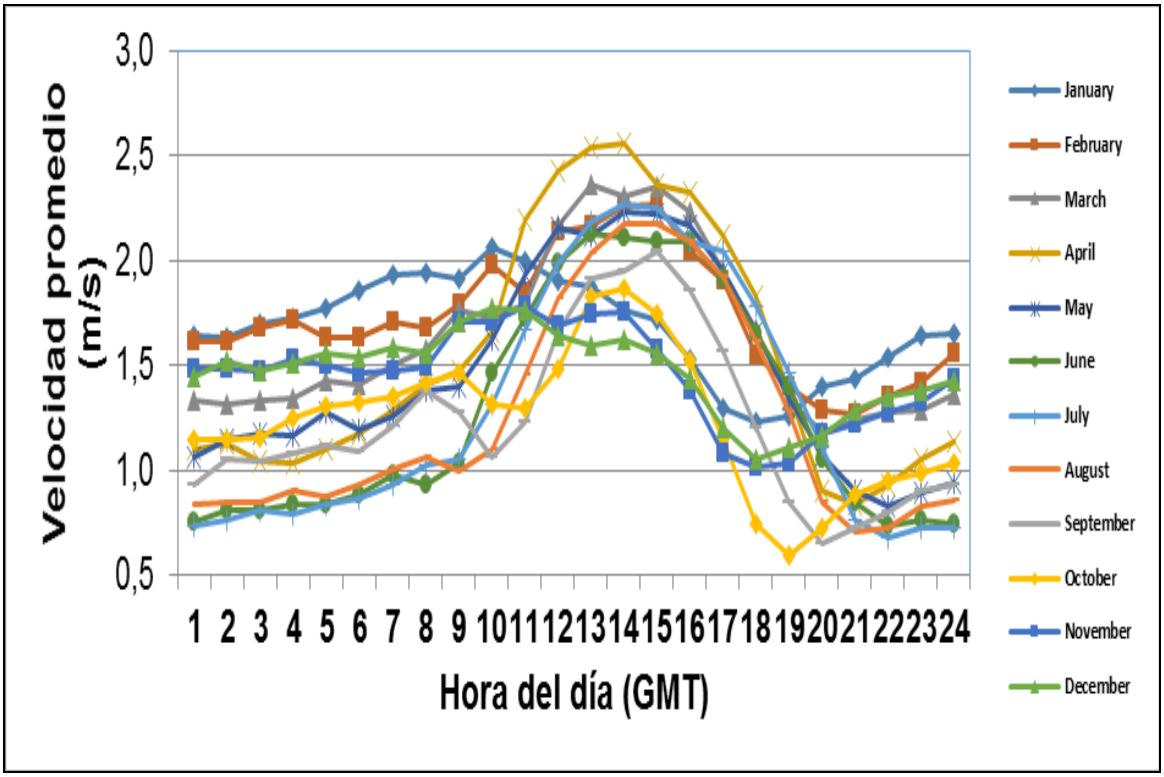


Figura 16. Evolución de la velocidad del viento durante las horas y meses del año.

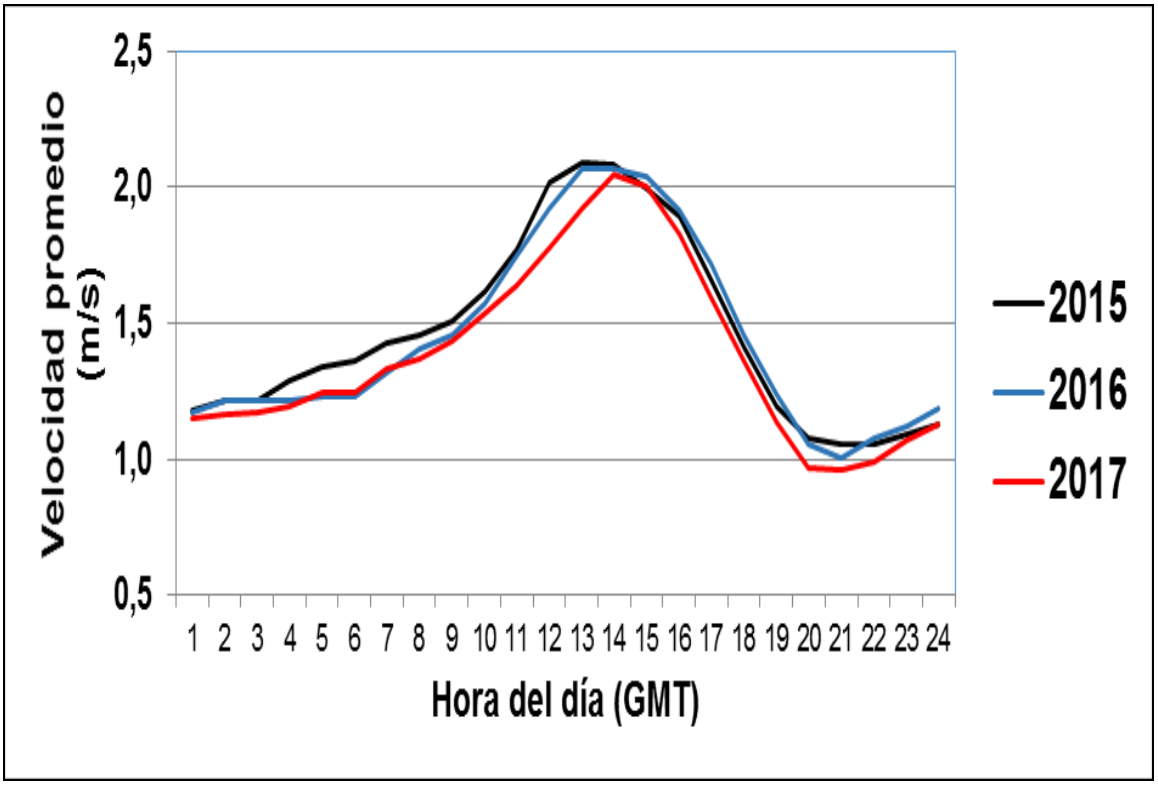


Figura 17. Evolución de la velocidad del viento durante las horas y años 2015, 2016 y 2017

3.3. Temperatura

El análisis de la temperatura se ha realizado determinando su variabilidad durante las horas del día (ver figura 18), según el día de la semana (ver figura 19), meses del año (ver figura 20) y años (ver figura 21).

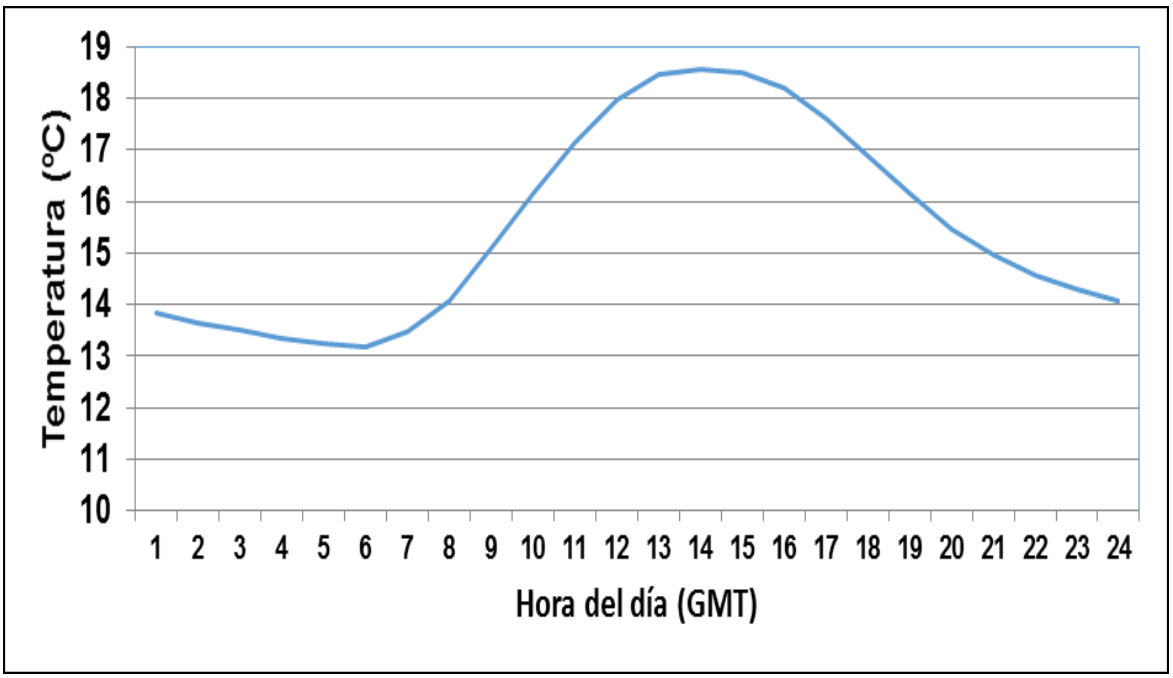


Figura 18. Evolución de la temperatura según la hora del día

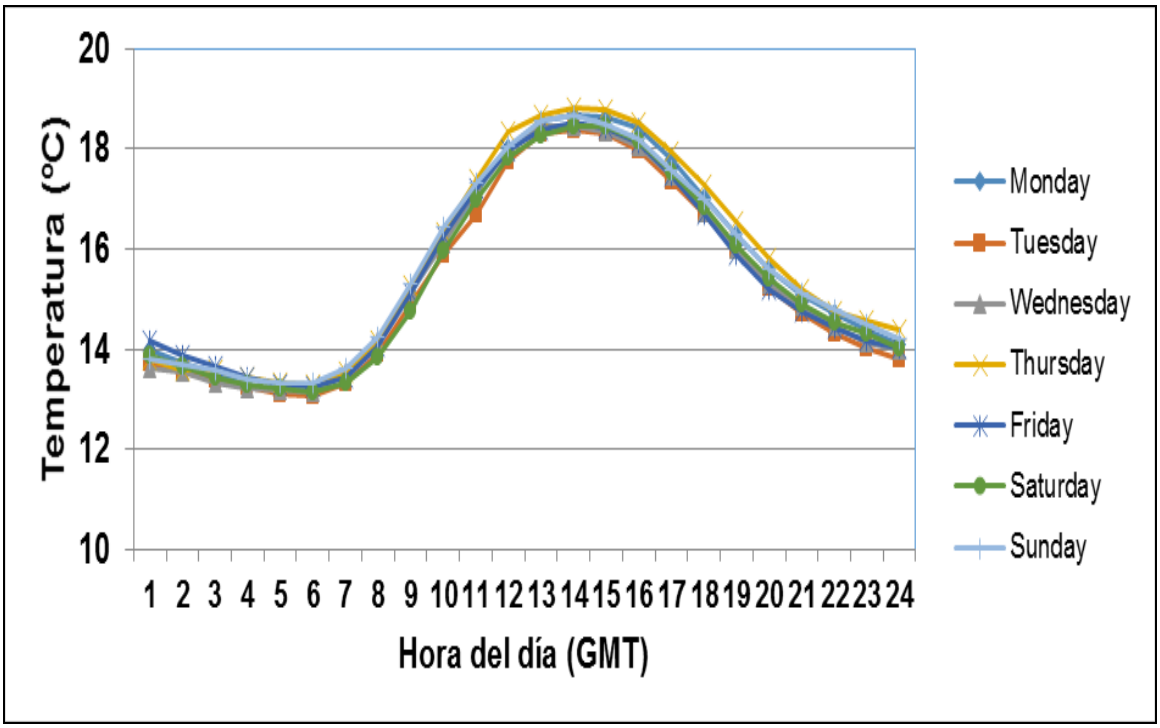


Figura 19. Evolución de la temperatura según la hora y día de la semana

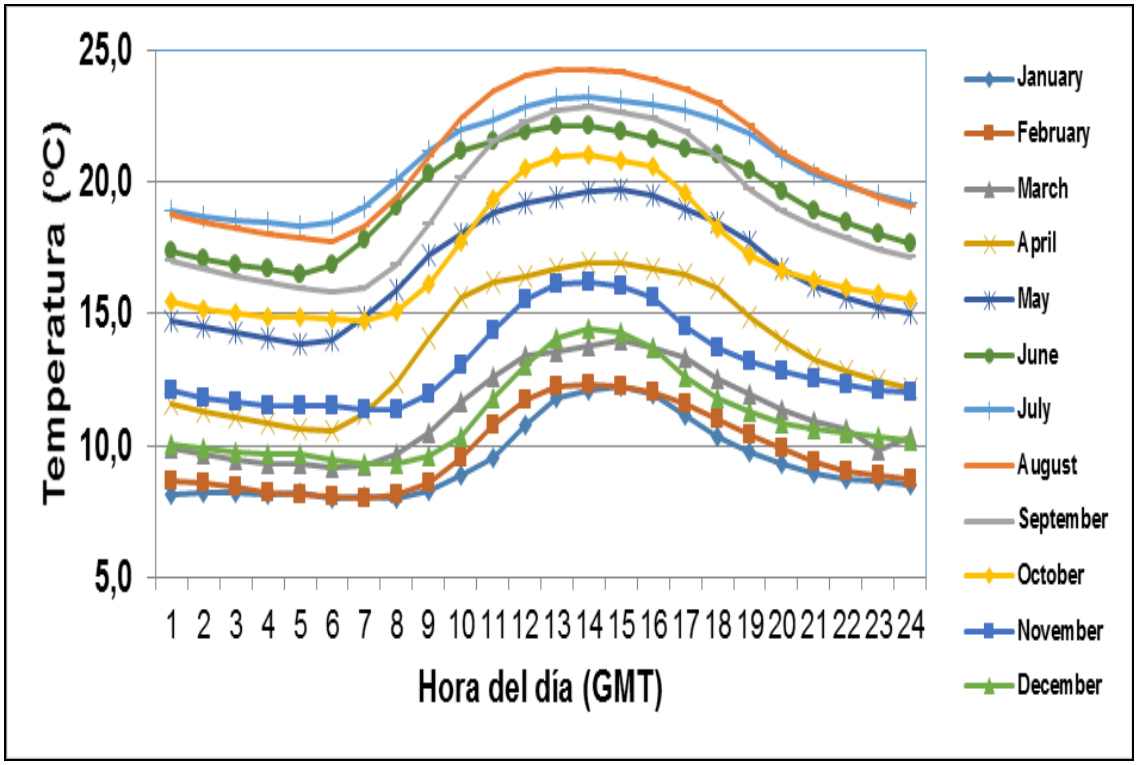


Figura 20. Evolución de la temperatura durante las horas del día y los meses del año

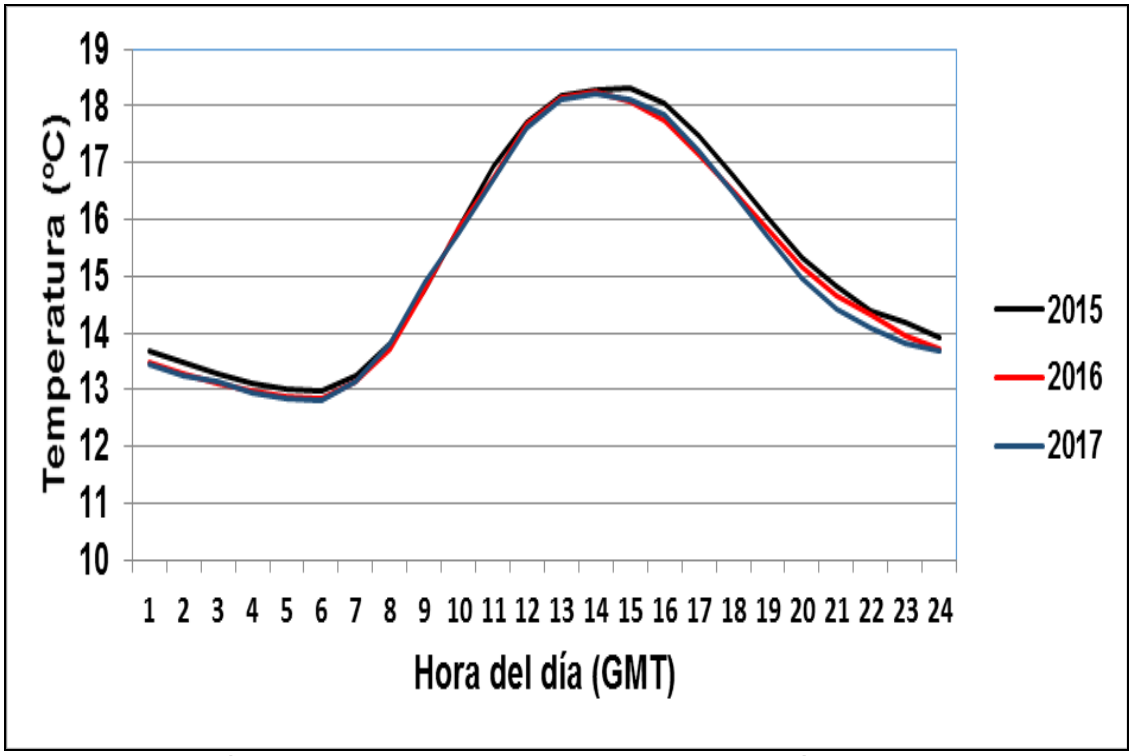


Figura 21. Evolución de la temperatura durante las horas del día y los años 2015, 2016 y 2017

4. ANÀLISIS DE LOS NIVELES DE INMISIÓN

Posteriormente al estudio de la evolución durante las horas del día, días de la semana, meses y años de las variables meteorológicas, se ha realizado el análisis estadístico de los niveles de inmisión registrados por la estación de control de la calidad del aire del Gobierno Vasco instalada en Hernani. A semejanza de las variables meteorológicas, se ha analizado por una parte la variabilidad de los niveles de inmisión asociados a éstas, y por otra, el cumplimiento de los criterios de calidad fijados por la legislación actual. El análisis se ha tenido que limitar a los contaminantes controlados por la estación (ver figura 22) PM_{10}, óxidos de nitrógeno, SO_2 y H_2S.



Figura 22. Parámetros meteorológicos y contaminantes registrados por la estación de control de la calidad del aire en Hernani

4.1. Niveles de inmisión de la fase particulada PM_{10}

El estudio estadístico de la variabilidad de los niveles de inmisión de la fase particulada PM_{10} se ha realizado durante el período de Enero de 2014 a Diciembre de 2017. El período se ha escogido por la continuidad de los valores disponibles y para evaluar años completos. En las figuras 23 a 26 se representa la variabilidad de los niveles de inmisión durante las diferentes horas del día, días de la semana, meses y años.

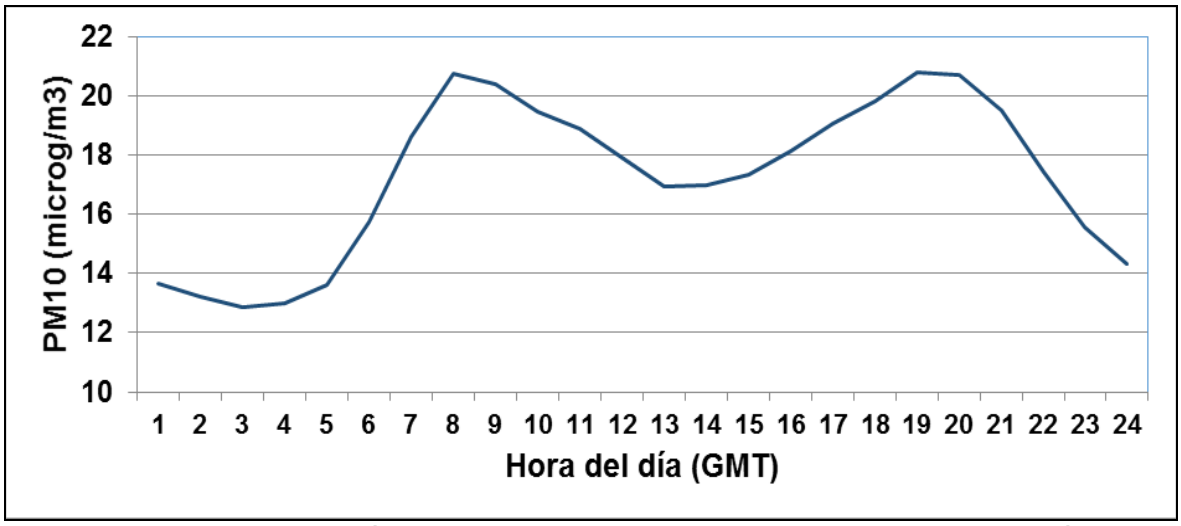


Figura 23. Niveles de inmisión de la fase particulada PM_{10} durante las horas del día (Período 2014-2017)

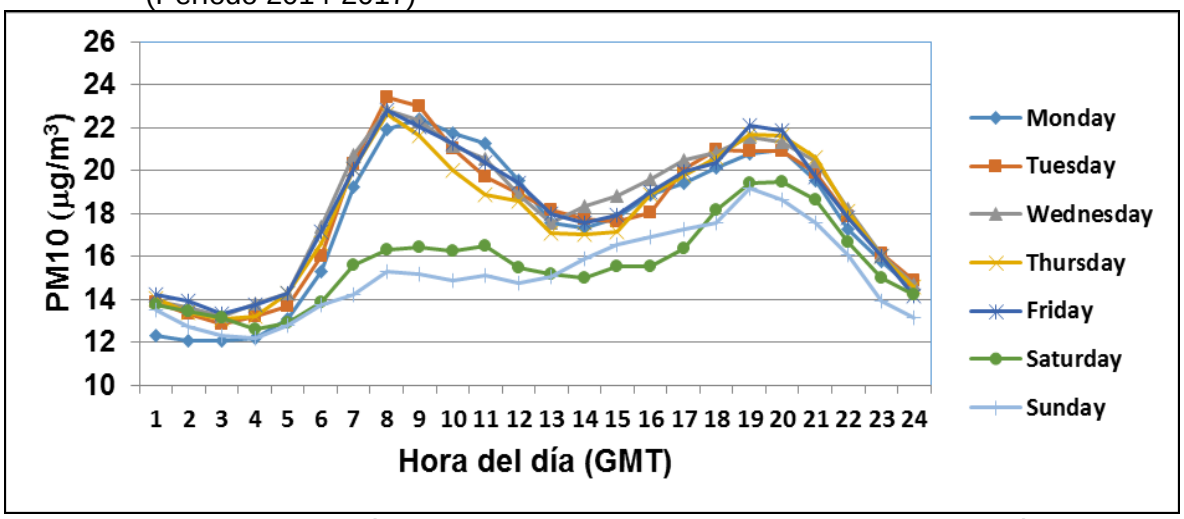


Figura 24. Niveles de inmisión de la fase particulada PM_{10} durante las horas/días de la semana (Período 2014-2017)

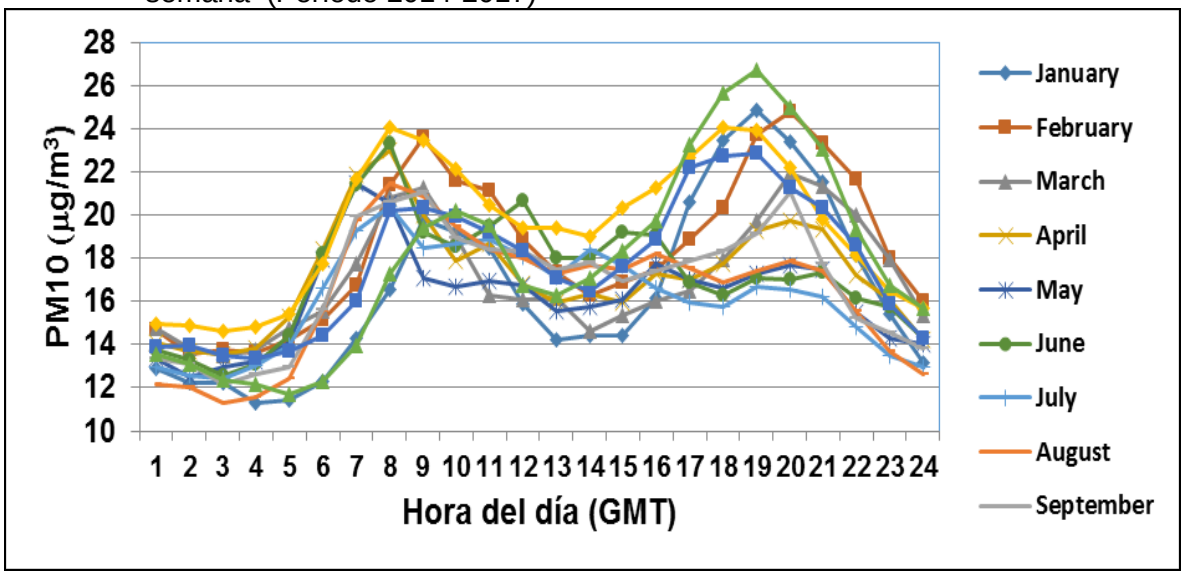


Figura 25. Niveles de inmisión de la fase particulada PM_{10} durante las horas/meses (Período 2014-2017)

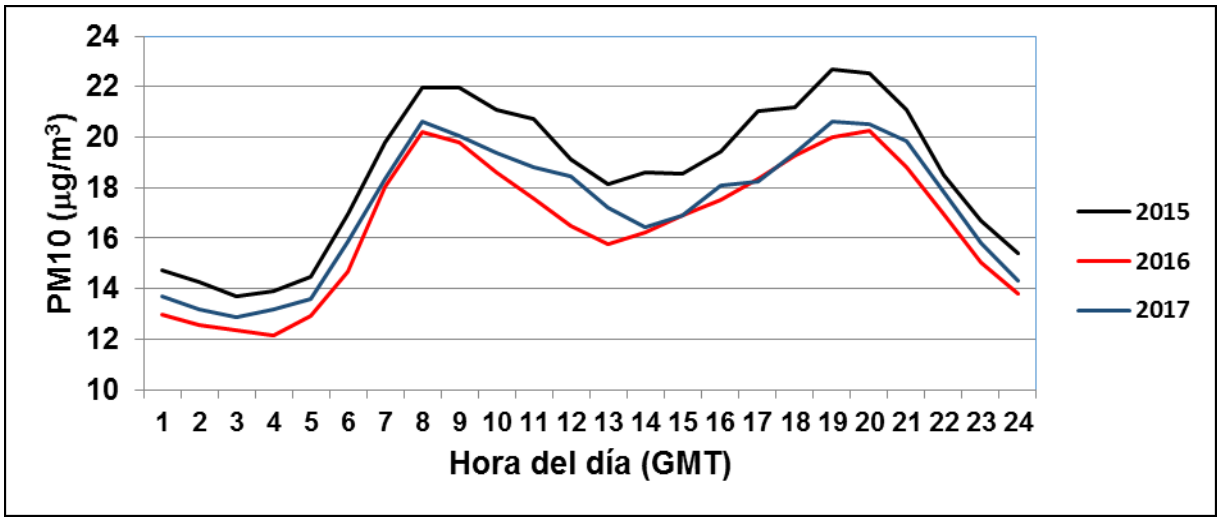


Figura 26. Niveles de inmisión de la fase particulada PM_{10} durante las horas/años 2015, 2016 y 2017

Los niveles de inmisión de la fase particulada PM_{10}, con referencia al criterio de calidad (Real Decreto 102/2011 modificado por el Real Decreto 39/2017), se sitúan por debajo del valor promedio anual fijado en 40 µg/m^3. Con respecto a la superaciones del valor promedio diario (criterio de calidad: 50 µg/m^3 no superable en más de 35 veces al año) solamente se registran 1 superación en los años 2015 i 2016. Durante el 2017 no se registra ninguna superación como tampoco en el período de Enero a Mayo del 2018. El valor promedio durante el 2018 (Enero-Mayo) se sitúa en los 14 µg/m^3. En la figura 27 se observan los niveles de inmisión registrados según las direcciones del viento (rosa de concentraciones).

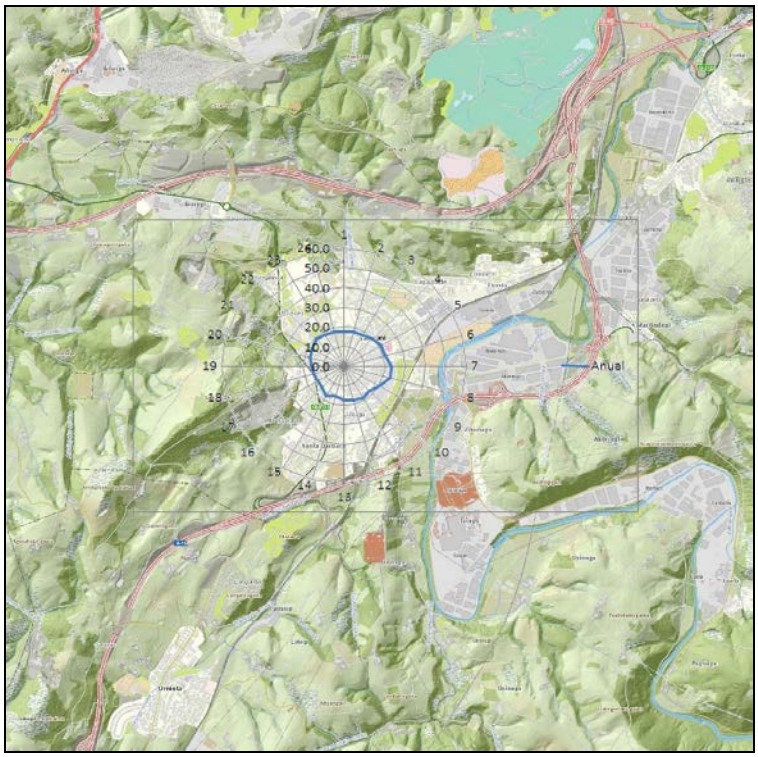


Figura 27. Rosa de concentraciones de la fase particulada PM_{10}

4.2. Niveles inmisión NO_2

El estudio estadístico de la variabilidad de los niveles de inmisión de NO_2 se ha realizado durante el período de Enero de 2014 a Diciembre de 2017. El período se ha escogido por la continuidad de los valores disponibles y para evaluar años completos. En las figuras 28 a 31 se representa la variabilidad de los niveles de inmisión durante las diferentes horas del día, días de la semana, meses y años.

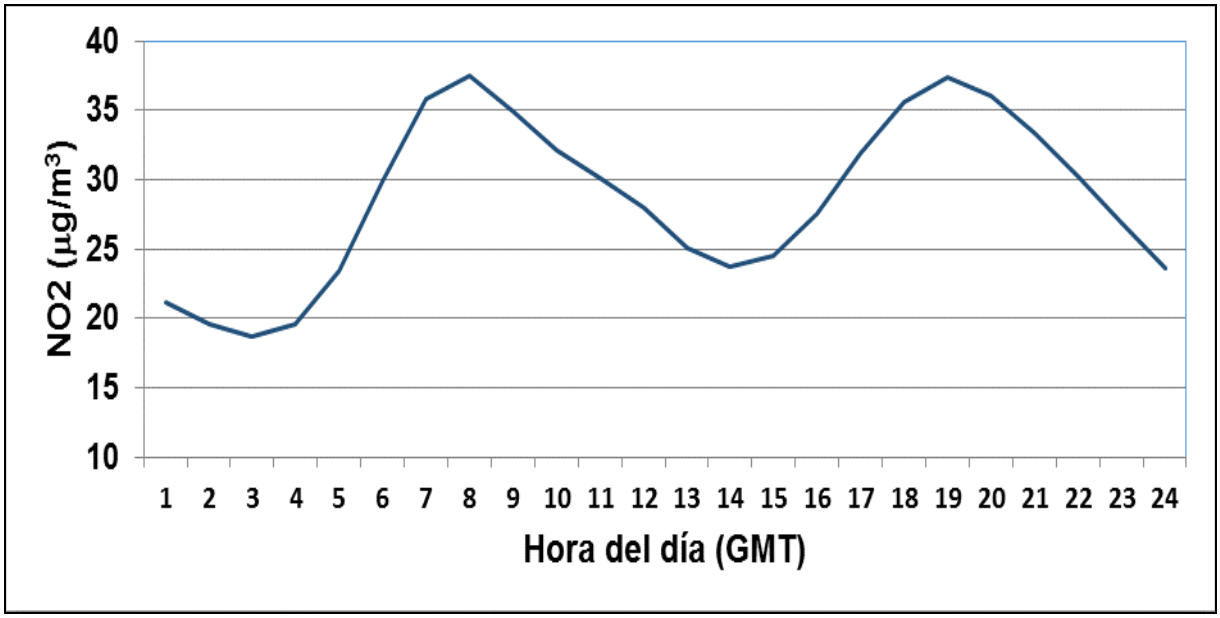


Figura 28. Evolución de los niveles de inmisión de NO_2 durante las horas del día (Período 2014-2017)

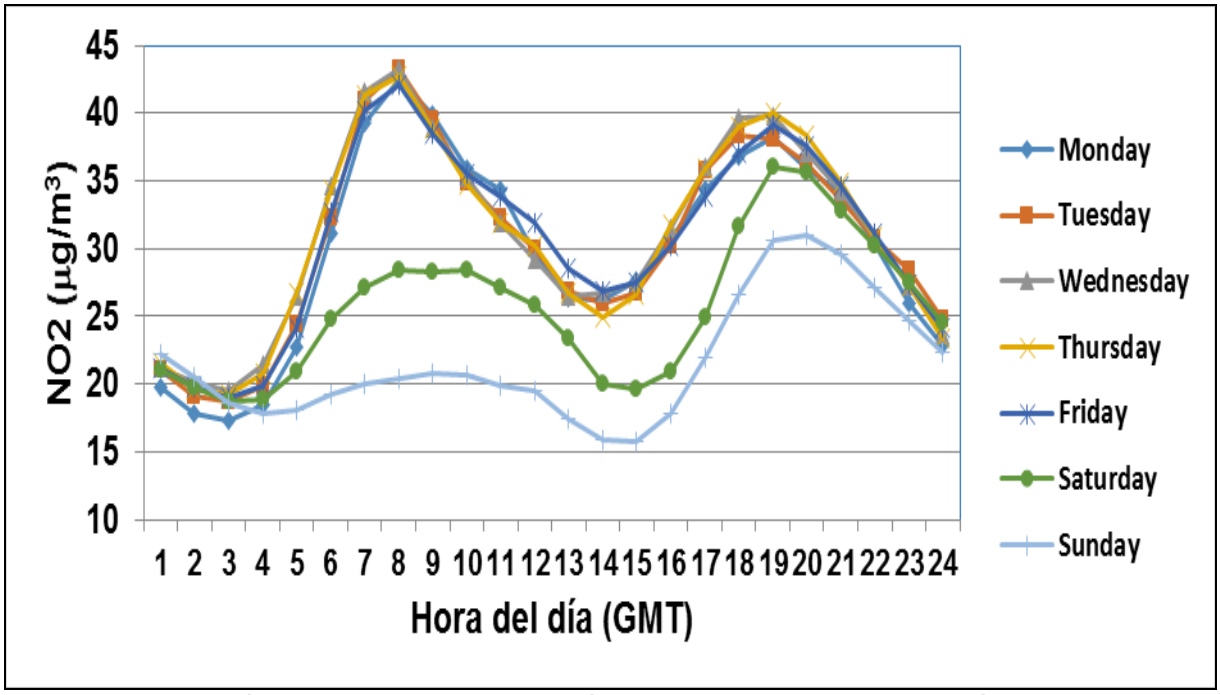


Figura 29. Evolución de los niveles de inmisión de NO_2 durante las horas/día semana (Período 2014-2017)

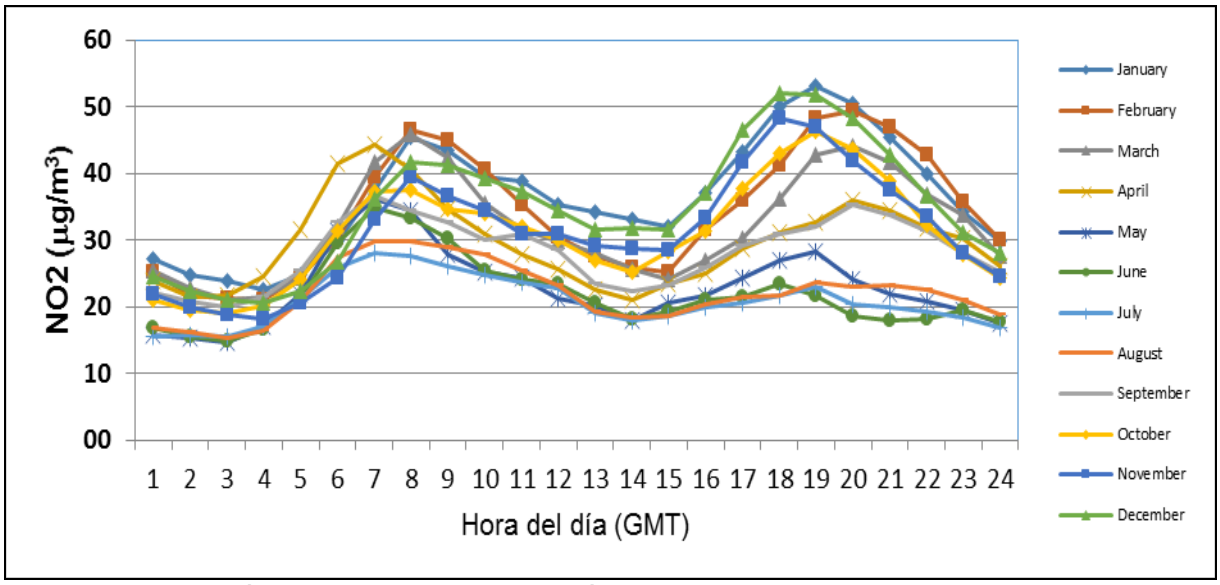


Figura 30. Evolución de los niveles de inmisión de NO_2 durante las horas/meses (Período 2014-2017)

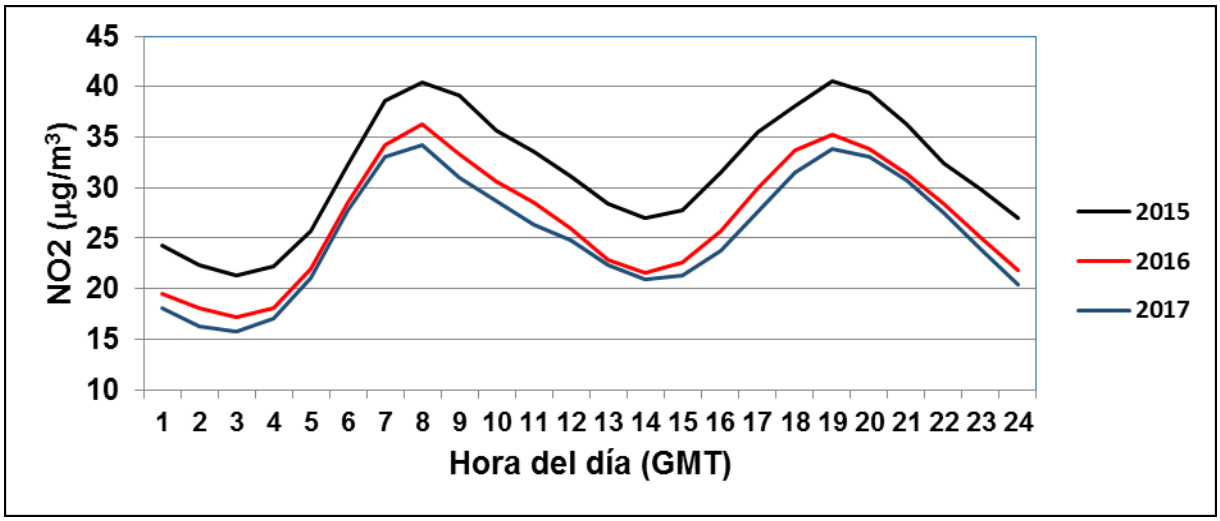


Figura 31. Evolución de los niveles de inmisión de NO_2 durante las horas/años 2015, 2016 y 2017

Los niveles de inmisión del NO_2, con referencia al criterio de calidad (Real Decreto 102/2011 modificado por el Real Decreto 39/2017), se sitúan por debajo del valor promedio anual fijado en 40 µg/m³ en los años 2015, 2016 y 2017 con valores de 32, 25 y 25 µg/m³ respectivamente. Sí se observan, en cambio, valores elevados de NOx:

(2015) 14/04 Hora: 8:00 Nivel inmisión NOx: 473 µg/m³
(2015) 16/12 Hora: 9:00 Nivel inmisión NOx: 447 µg/m³
(2016) 16/12 Hora: 9:00 Nivel inmisión NOx: 454 µg/m³
(2016) 16/12 Hora: 10:00 Nivel inmisión NOx: 485 µg/m³
(2016) 28/12 Hora: 09:00 Nivel inmisión NOx: 467 µg/m³
(2016) 28/12 Hora: 10:00 Nivel inmisión NOx: 521 µg/m³
(2016) 28/12 Hora: 11:00 Nivel inmisión NOx: 409 µg/m³
(2017) 01/02 Hora: 09:00 Nivel inmisión NOx: 472 µg/m³

(2017) 01/02 Hora: 10:00 Nivel inmisión NOx: 485 μg/m^3
(2017) 16/02 Hora: 08:00 Nivel inmisión NOx: 428 μg/m^3
(2017) 16/02 Hora: 09:00 Nivel inmisión NOx: 432 μg/m^3

Durante los meses de Enero a Mayo de 2018 se registra también un valor elevado:
(2018) 15/02 Hora: 09:00 Nivel inmisión NOx: 407 μg/m^3

Los valores anuales de NOx de los años 2015, 2016, 2017 y los primeros meses de 2018 son los siguientes:
AÑO 2015: 58 μg/m^3
AÑO 2016: 47 μg/m^3
AÑO 2017: 43 μg/m^3
Enero-Abril 2018: 41 μg/m^3

En la figura 32 se observa la distribución de los niveles de inmisión de NO_2 según las direcciones del viento (rosa de concentraciones). La influencia de las grandes vías de comunicación y la situación de las fuentes emisores se confirma al detectarse mayores niveles de inmisión en los sectores de dirección del viento donde se sitúan las fuentes potencialmente emisoras.

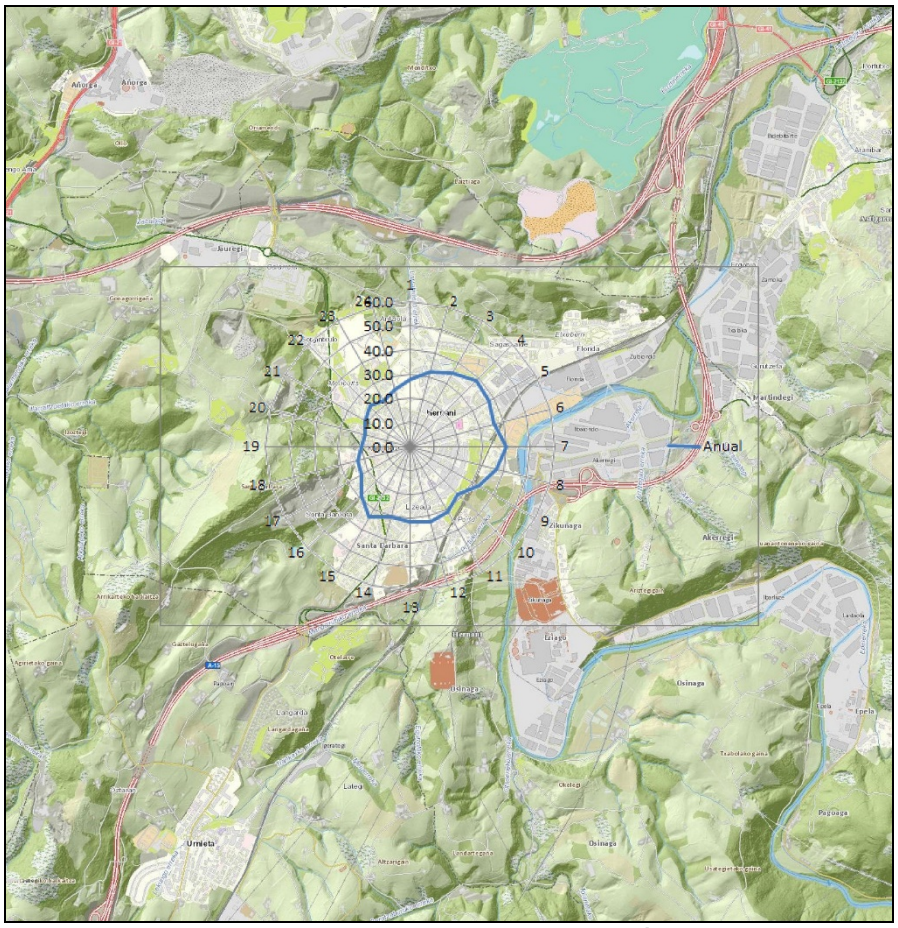


Figura 32. Rosa de concentraciones de NO_2 (Período 2015-2017)

4.3. Niveles inmisión sulfuro de hidrogeno (H_2S)

El estudio estadístico de la variabilidad de los niveles de inmisión de H_2S se ha realizado durante el período de Enero de 2014 a Diciembre de 2017. El período se ha escogido por la continuidad de los valores disponibles y para evaluar años completos. Para este compuesto se ha elaborado una segunda fase de valoración (ver punto 4.3.2), consistente en el estudio de los episodios registrados durante todo el año 2017 (se ha considerado episodio valores superiores a los 30 $\mu g/m^3$). En las figuras 33 a 36 se representa la variabilidad de los niveles de inmisión durante las diferentes horas del día, días de la semana, meses y años.

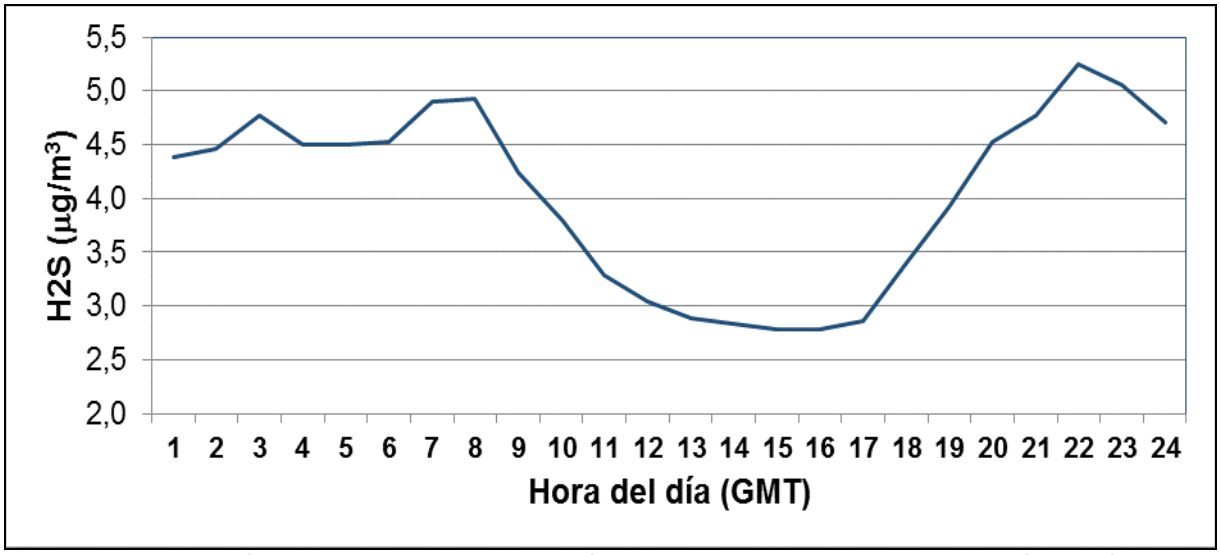


Figura 33. Evolución de los niveles de inmisión de H_2S durante las horas del día (Período 2015-2017)

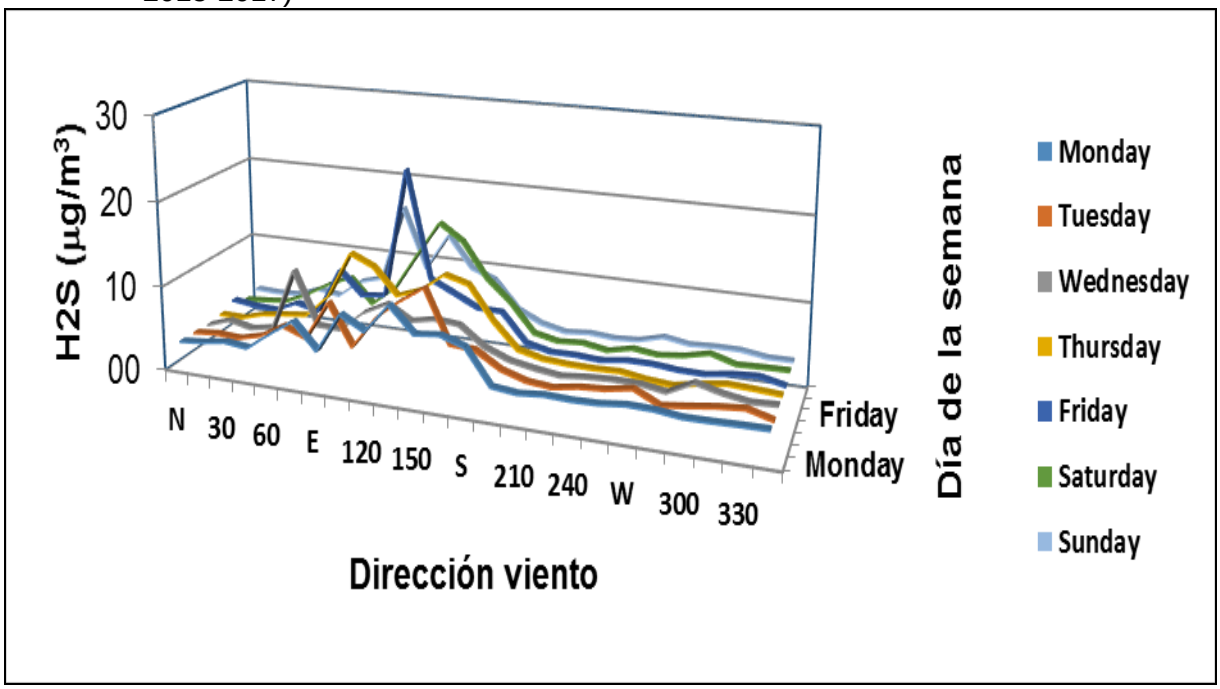


Figura 34. Evolución de los niveles de inmisión de H_2S durante las horas del día/día semana (Período 2015-2017)

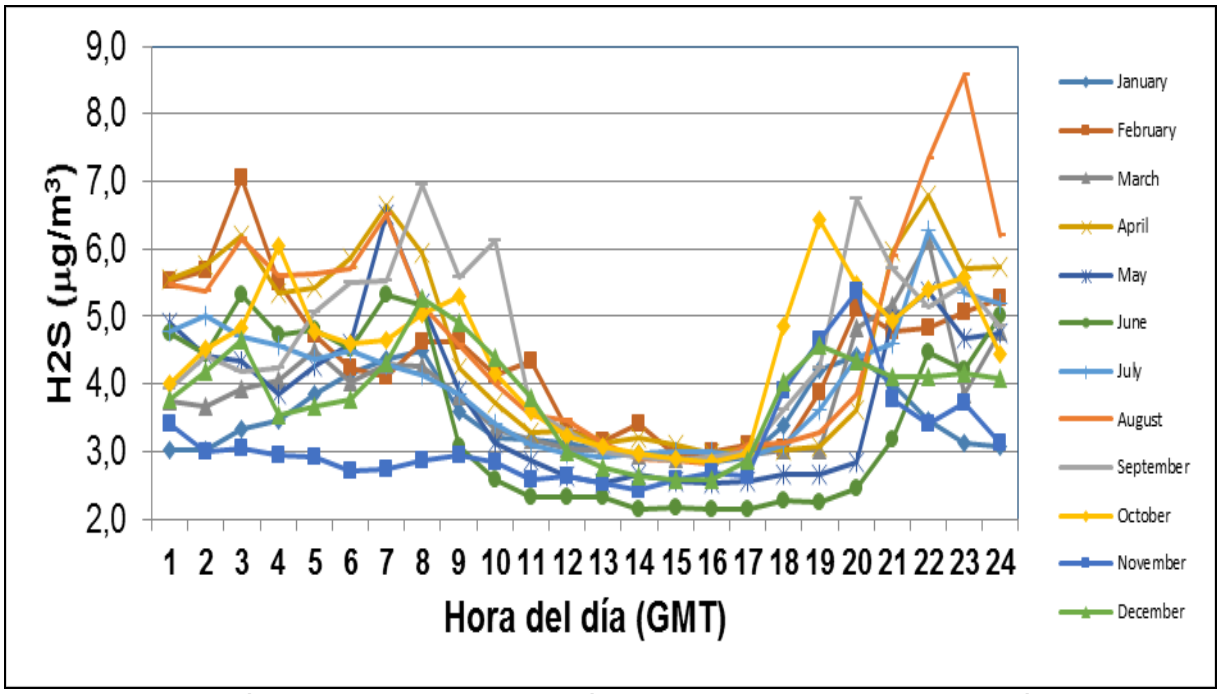


Figura 35. Evolución de los niveles de inmisión de H_2S durante las horas del día/meses (Período 2015-2017)

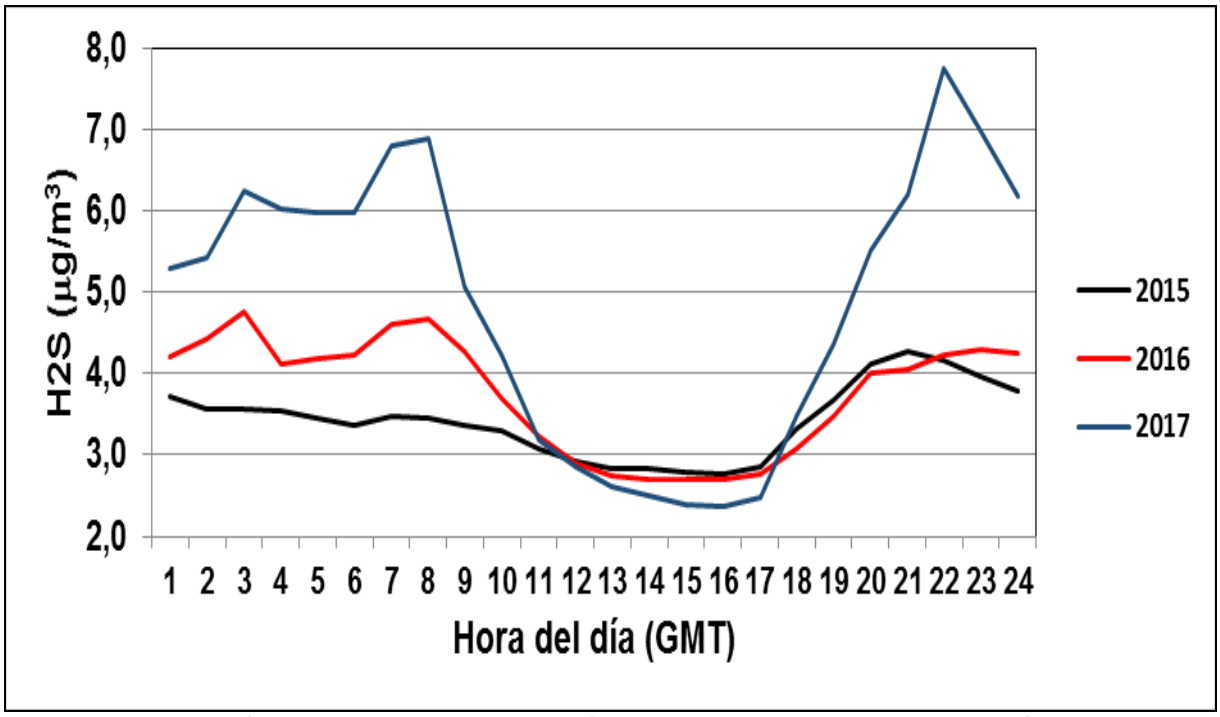


Figura 36. Evolución de los niveles de inmisión de H_2S durante las horas del día/años 2015, 2016 y 2017

En la figura 37 se puede observar la comparativa interanual de los niveles de inmisión de H_2S según las direcciones del viento. El sector E-S corresponde a las direcciones del viento donde se registran los valores más elevados de los niveles de concentración del sulfuro de hidrógeno.

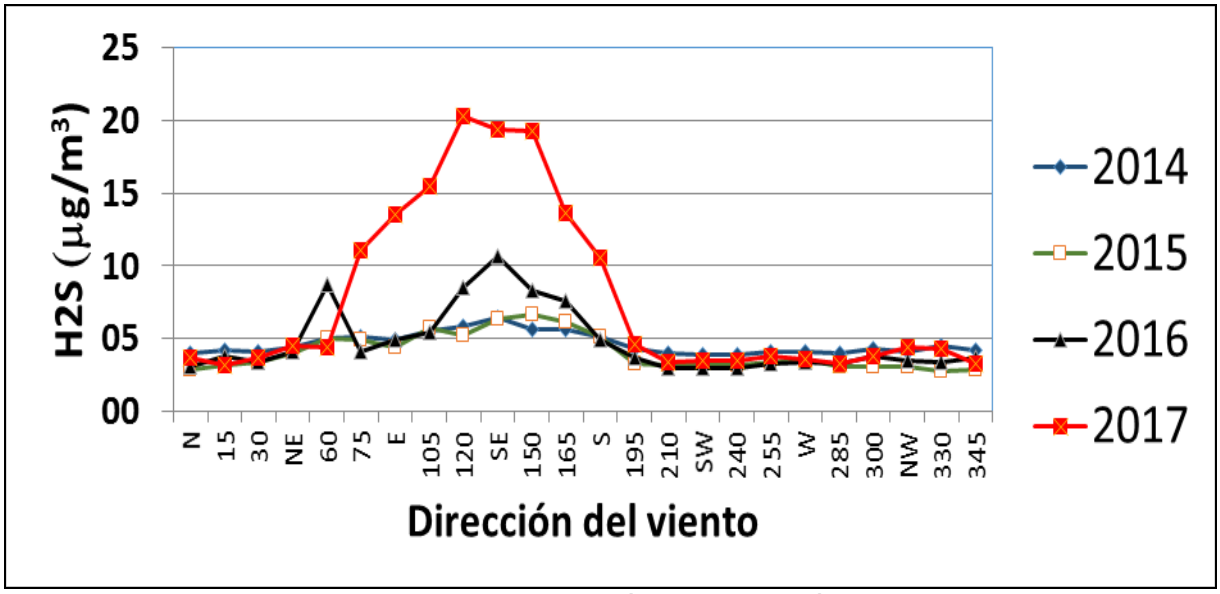


Figura 37. Comparativa de los niveles de inmisión de H_2S según las direcciones del viento durante los años 2014, 2015, 2016 y 2017

4.3.1. Niveles inmisión de H_2S en períodos de episodios

Debido a que la valoración de la calidad del aire respecto al sulfuro de hidrógeno se realiza en períodos semi-horarios y diarios, se han analizado los niveles de inmisión horarios y diarios (los datos procedentes de la estación de control se publican en este tipo de períodos). Debido a que este compuesto tiene un umbral de olor muy bajo, es decir, a muy bajas concentraciones genera episodios de olor importantes, se han analizado por una parte los episodios registrados (niveles de emisión superiores a los 30 µg/m^3), con la finalidad de analizar el origen de los mismos, y por otra se ha valorado la superación de los criterios de calidad fijados en la legislación actual (valores semi-horarios y diarios). En las figuras 38 a 62 se pueden observar las rosas de concentración global (período Julio 2014 a Diciembre de 2017), rosas de concentraciones anuales del 2014, 2015, 2016 y 2017, mensuales y según los días de la semana.

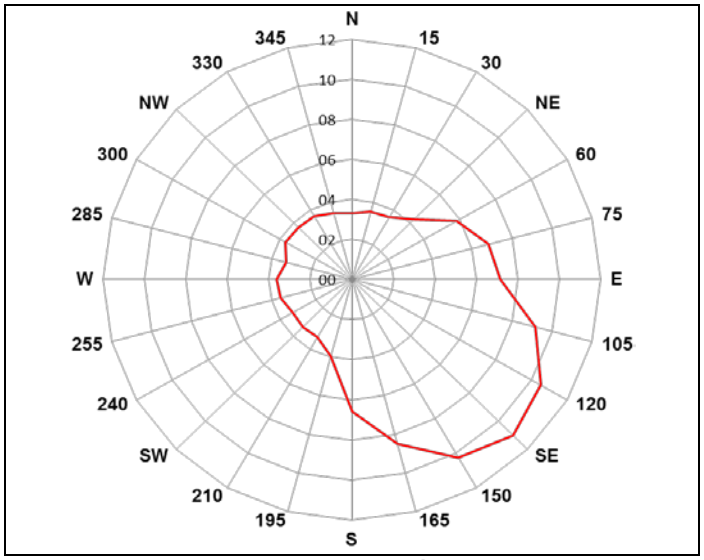


Figura 38. Rosa de concentración global (2014-2017)

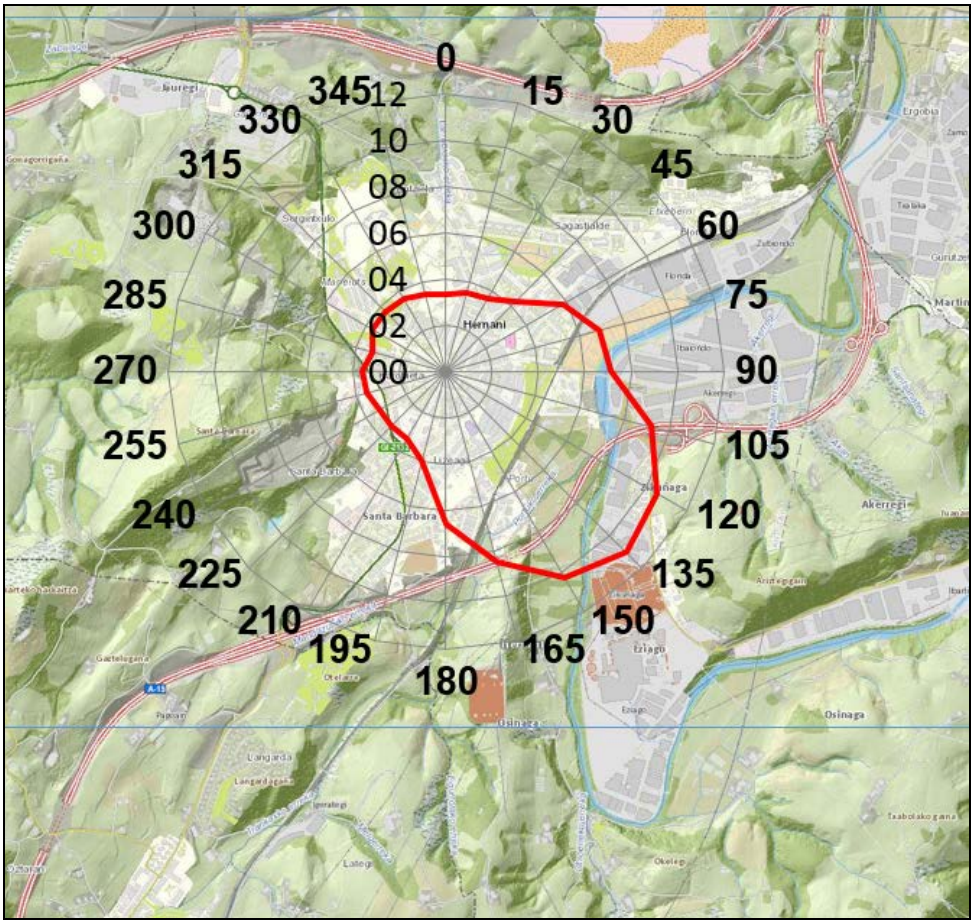


Figura 39. Rosa de concentración global de H_2S situada sobre el territorio

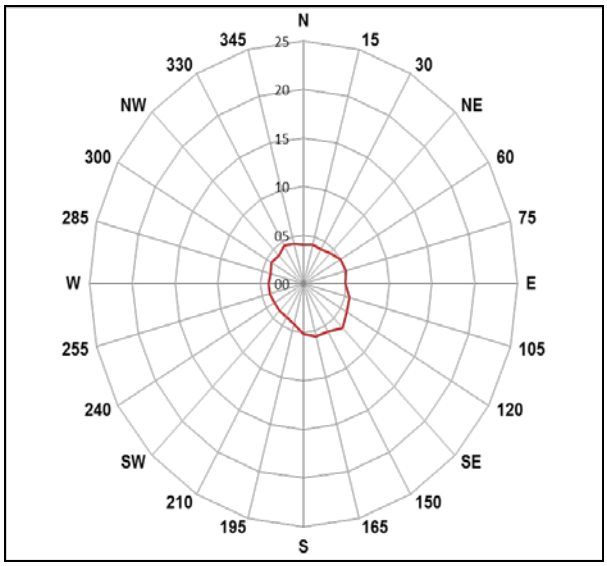


Figura 40. Rosa de concentración H_2S 2014

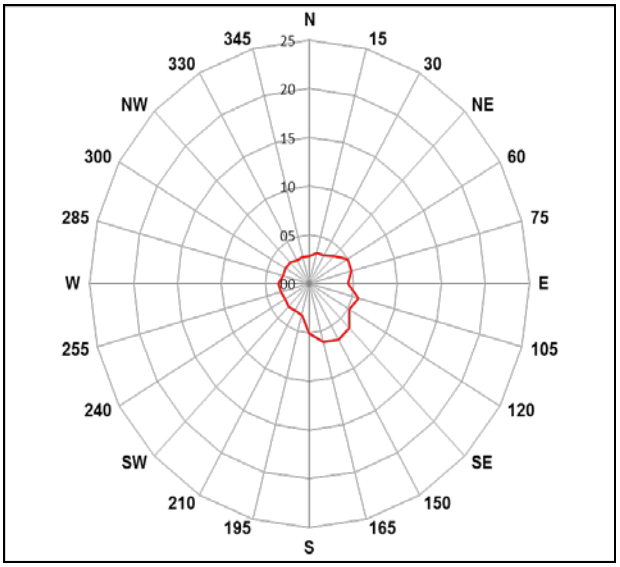


Figura 41. Rosa de concentración H_2S 2015

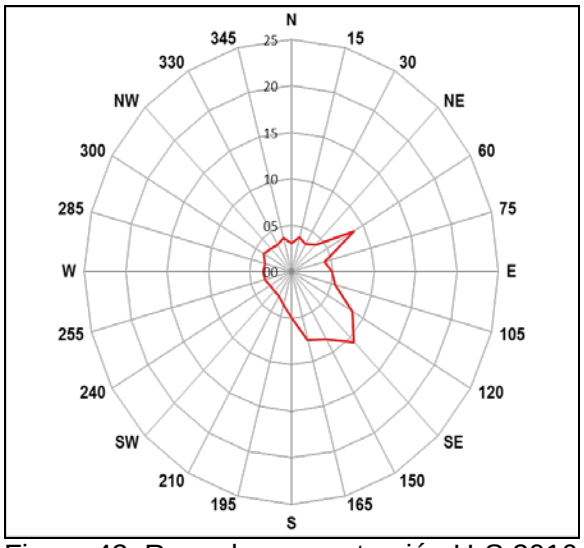


Figura 42. Rosa de concentración H_2S 2016

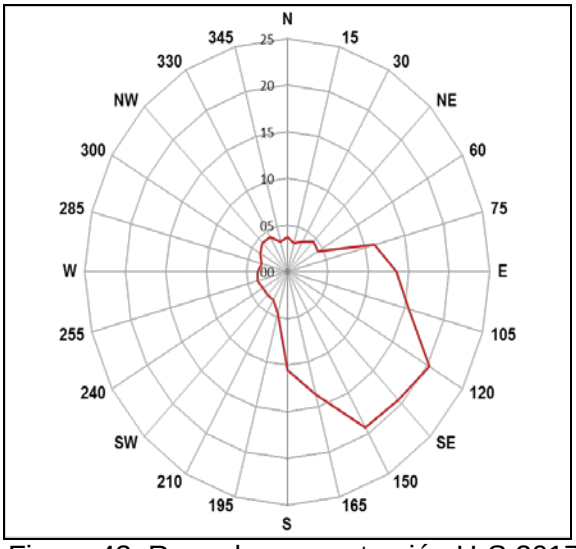


Figura 43. Rosa de concentración H_2S 2017

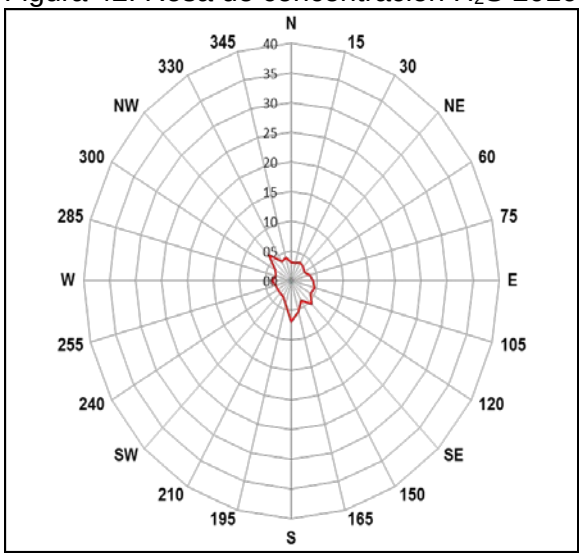


Figura 44. Rosa concentración H_2S Enero

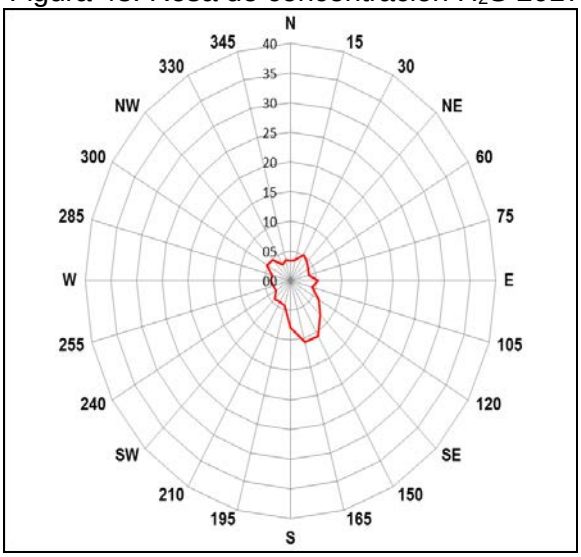


Figura 45. Rosa concentración H_2S Febrero

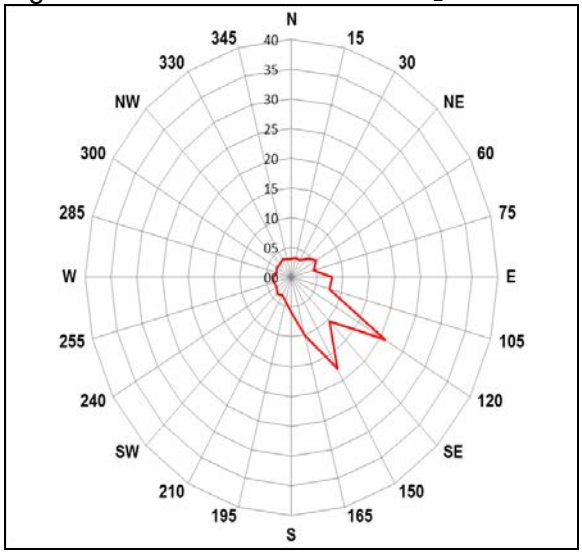


Figura 46. Rosa concentración H_2S Marzo

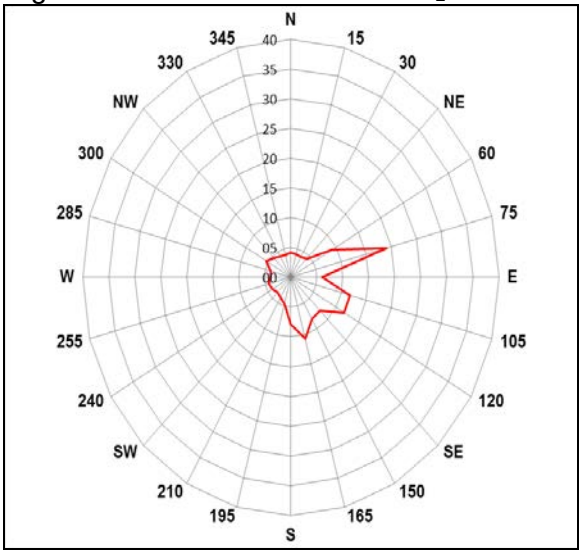


Figura 47. Rosa concentración H_2S Abril

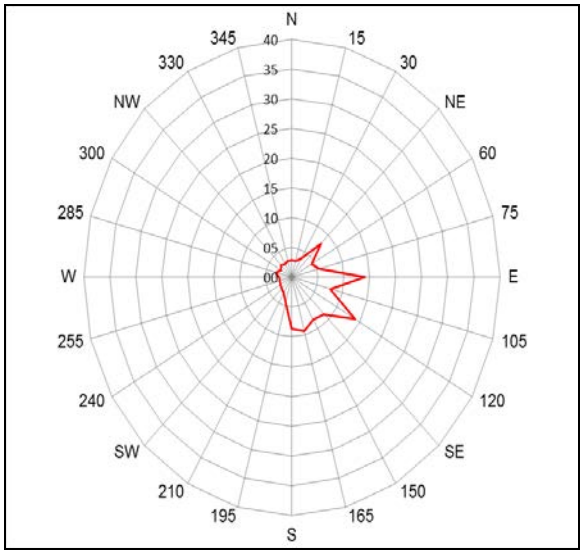


Figura 48. Rosa concentración H_2S Mayo

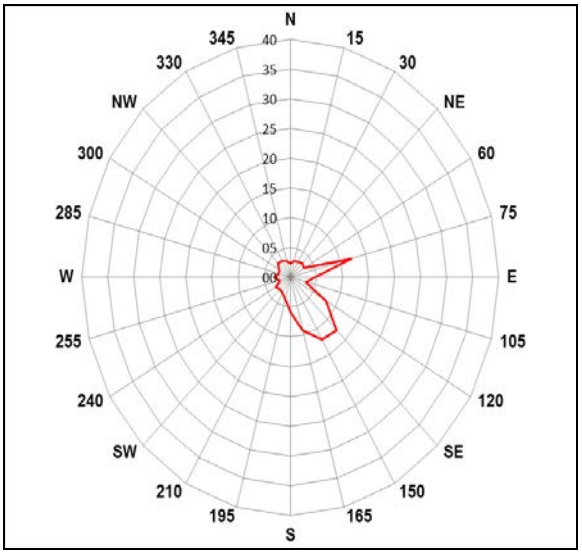


Figura 49. Rosa concentración H_2S Junio

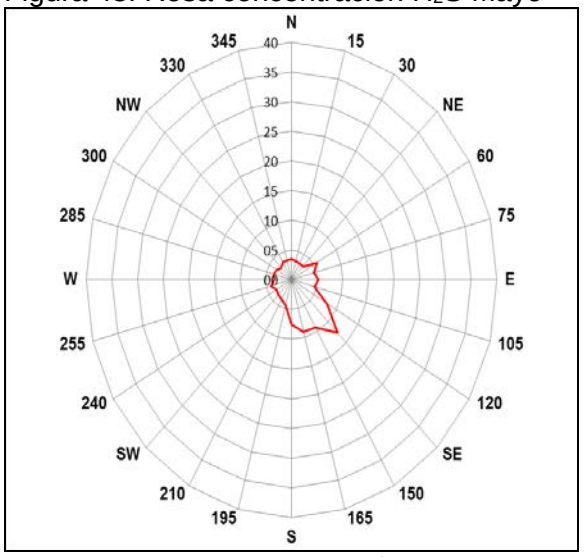


Figura 50. Rosa concentración H_2S Julio

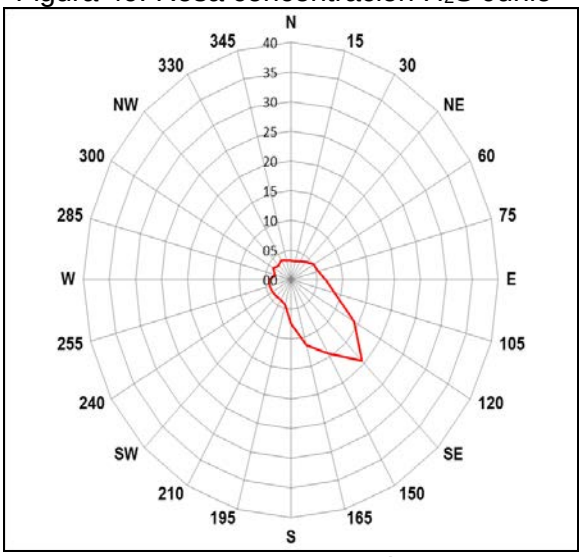


Figura 51. Rosa concentración H_2S Agosto

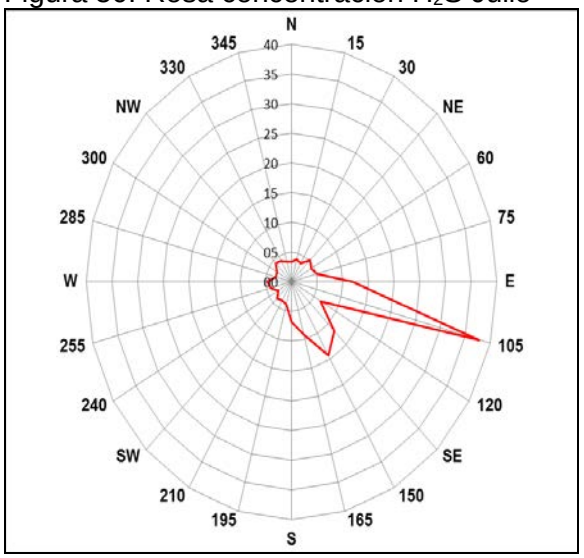


Figura 52. Rosa concentración H_2S Septiembre

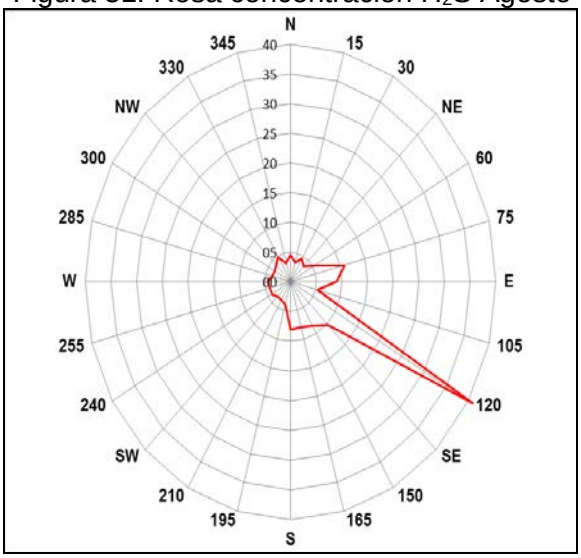


Figura 53. Rosa concentración H_2S Octubre

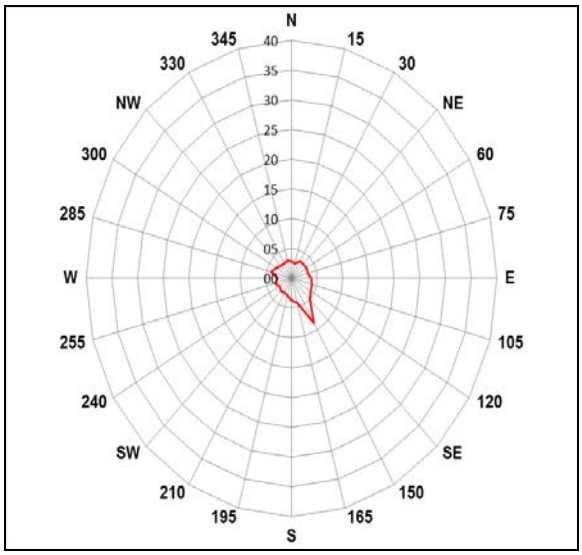


Figura 54. Rosa concentración H_2S Noviembre

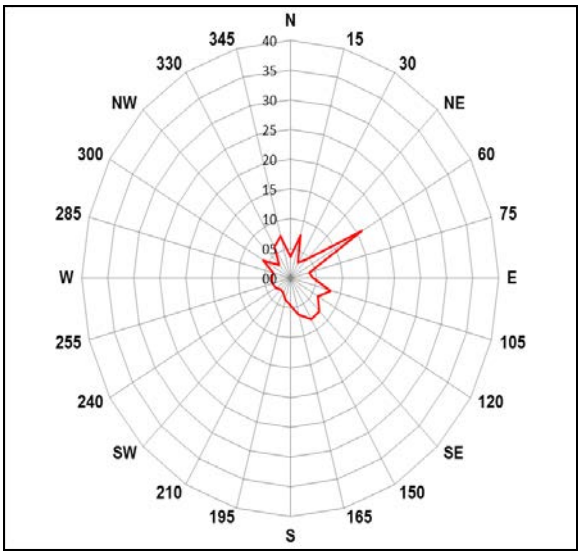


Figura 55. Rosa concentración H_2S Diciembre

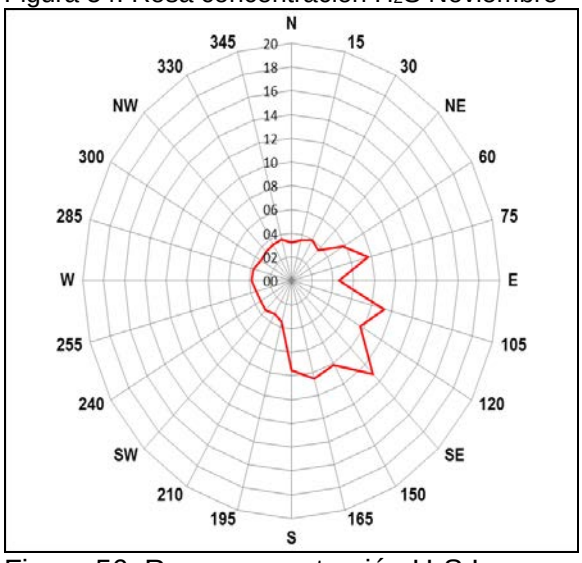


Figura 56. Rosa concentración H_2S Lunes

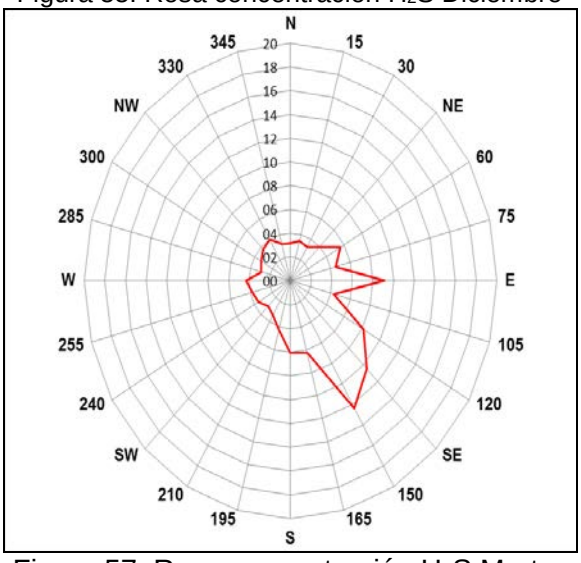


Figura 57. Rosa concentración H_2S Martes

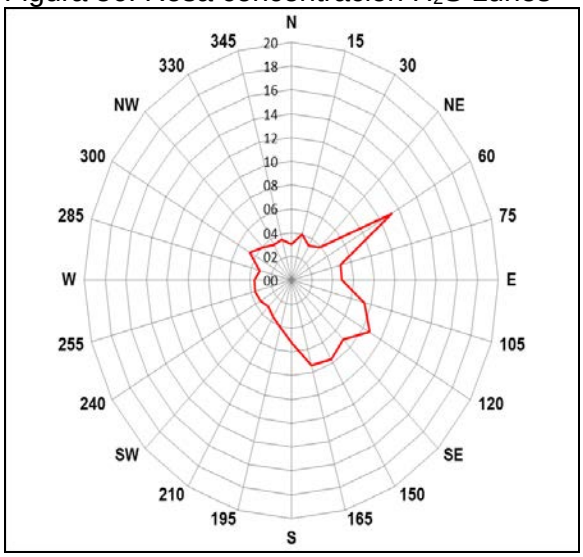


Figura 58. Rosa concentración H_2S Miércoles

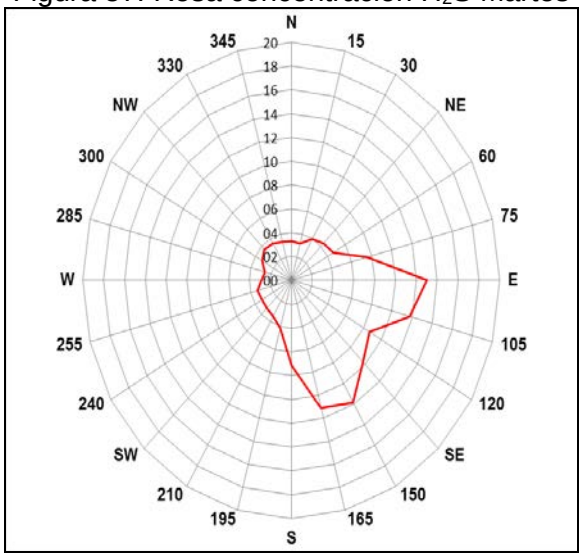


Figura 59. Rosa concentración H_2S Jueves

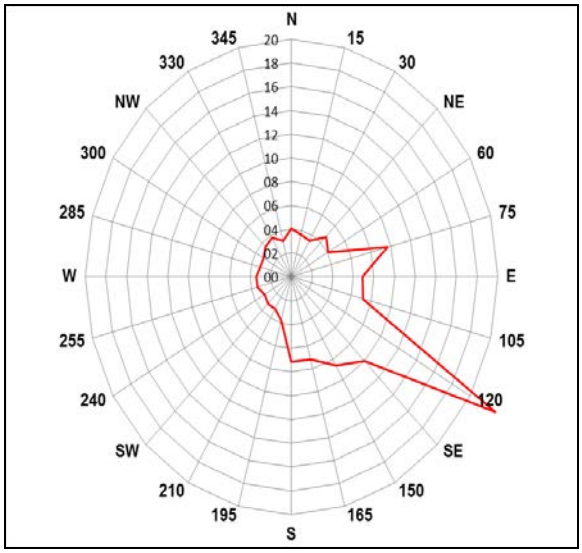


Figura 60. Rosa concentración H_2S Viernes

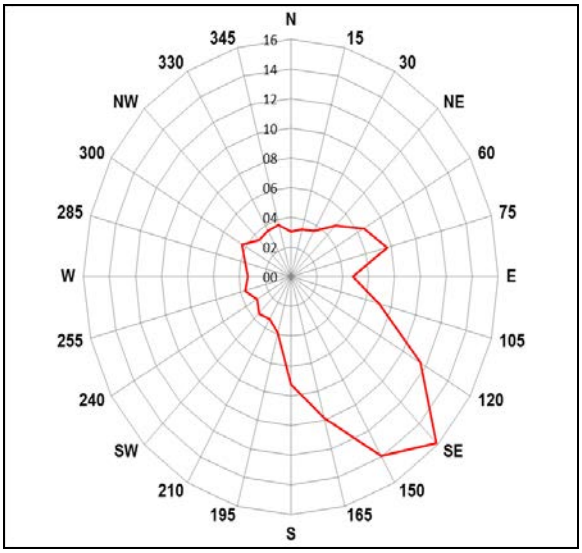


Figura 61. Rosa concentración H_2S Sábado

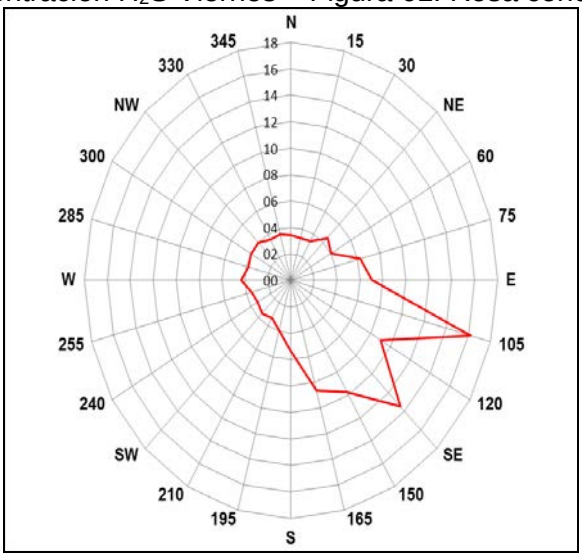


Figura 62. Rosa concentración H_2S Domingo

Análisis de episodios de máximo nivel de concentración

Para evaluar el origen de los episodios de sulfuro de hidrógeno se han analizado, en un primer nivel, las correspondencias de las horas de registro de los niveles de concentración más elevados con las direcciones del viento y la velocidad del mismo. Para este análisis se han utilizado los episodios registrados durante todo el año 2017, año con valores de inmisión superiores a los registrados en el 2015 y 2016. En la tabla 1 se especifican el número de concentraciones horarias superiores a los 100 $\mu g/m^3$ y diarias superiores a los 40 $\mu g/m^3$ de sulfuro de hidrógeno registrados en el período 2015 a 2017 y durante los meses estudiados de 2018 para evaluar las potenciales superaciones de los criterios de calidad del aire para este compuesto. En la tabla 1 figuran también el número de episodios de sulfuro de hidrógeno con valores superiores a los 30 $\mu g/m^3$ y el valor máximo horario del nivel de inmisión registrado. En las figuras 63 a 81 se puede observar la evolución de los niveles de inmisión de H_2S con la velocidad y dirección del viento.

Tabla 1. Número de episodios años 2015, 2016, 2017 y 2018

Año	Valores horarios >100 μg/m³	Valores diarios >40 μg/m³	Valores horarios >30 μg/m³	Valor máximo horario
2015	0	0	12	74
2016	6	1	55	226
2017	23	1	208	281
2018*	0	0	9	98

(*) Meses de Enero a Mayo

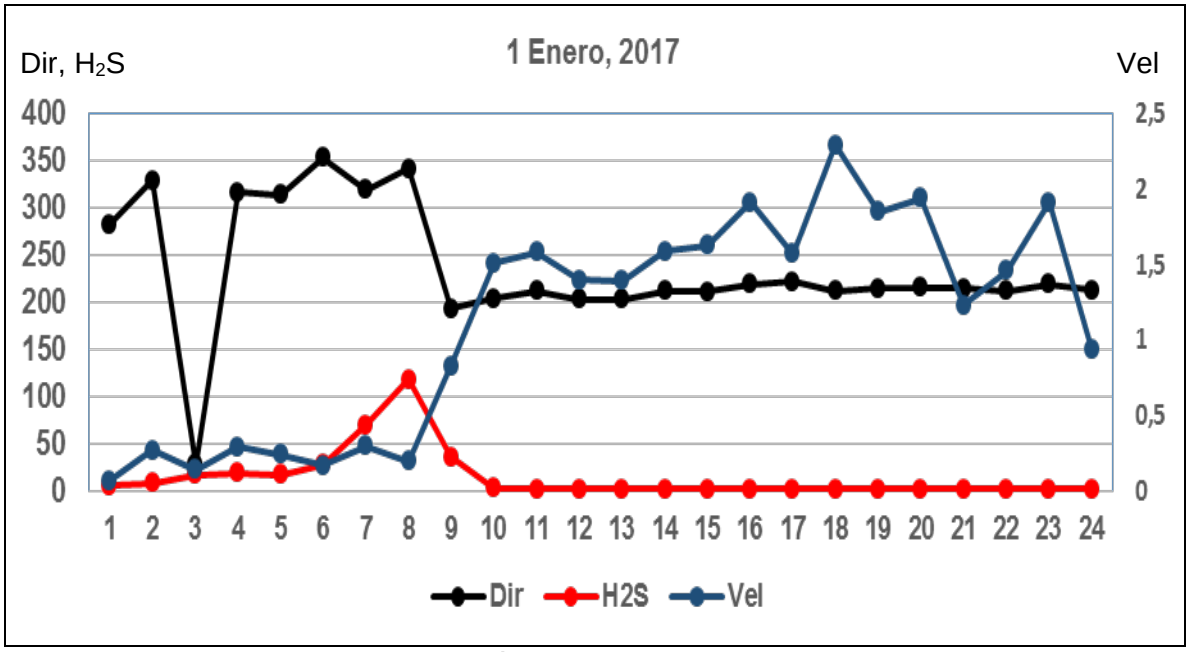


Figura 63. Episodio de sulfuro de hidrógeno 1 Enero 2017

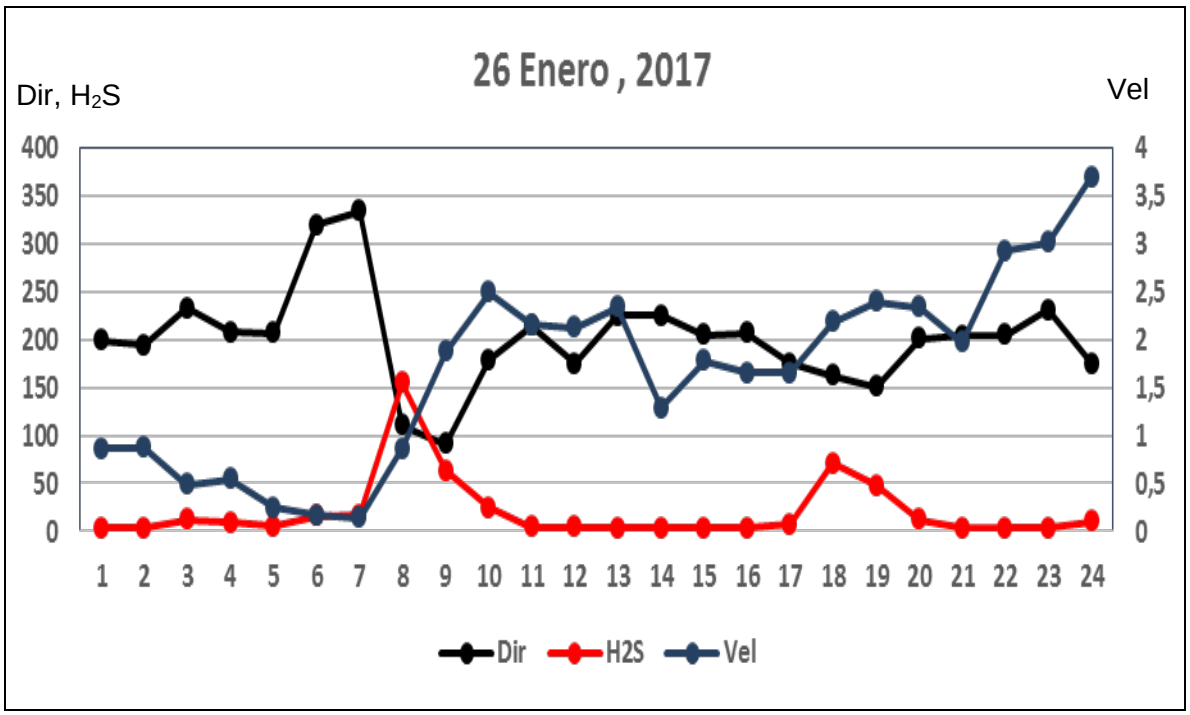


Figura 64. Episodio de sulfuro de hidrógeno 26 Enero 2017

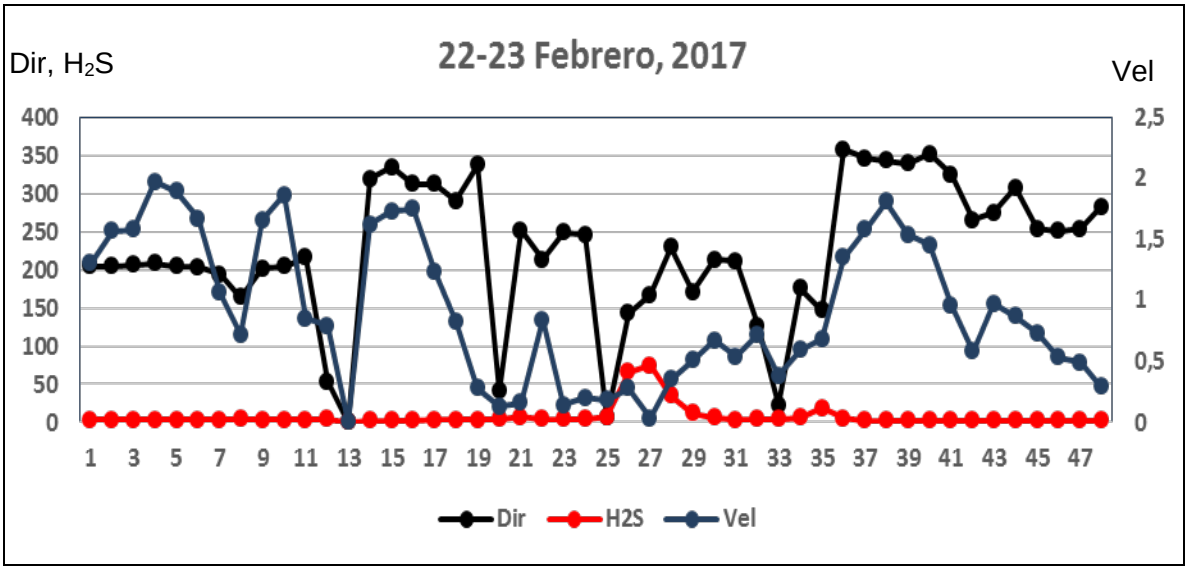


Figura 65. Episodio de sulfuro de hidrógeno 22-23 Febrero 2017

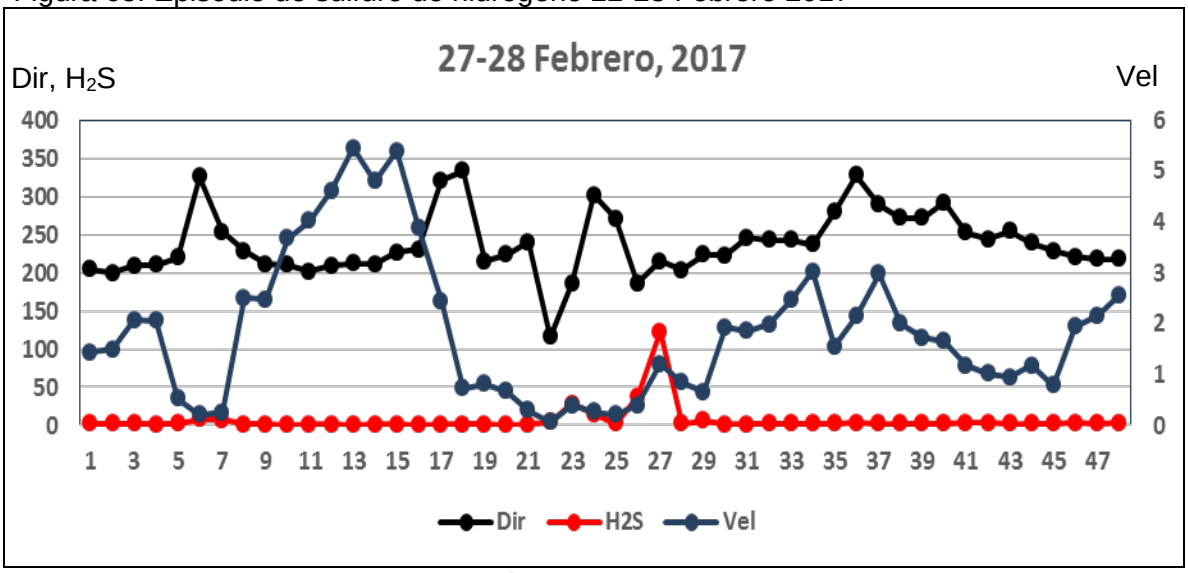


Figura 66. Episodio de sulfuro de hidrógeno **27-28 Febrero 2017**

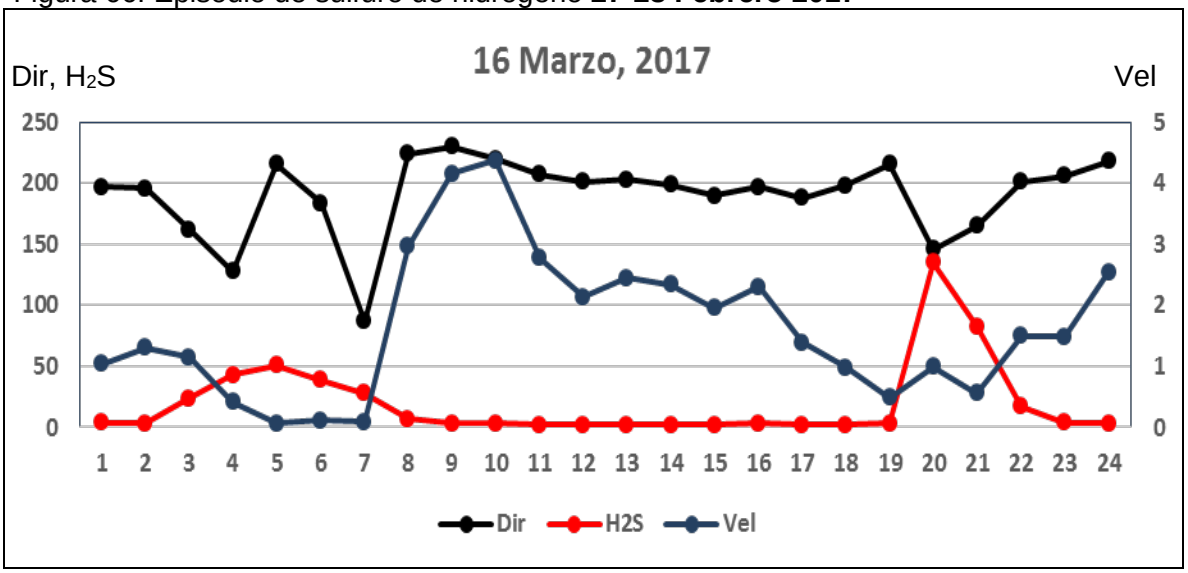


Figura 67. Episodio de sulfuro de hidrógeno 16 Marzo 2017

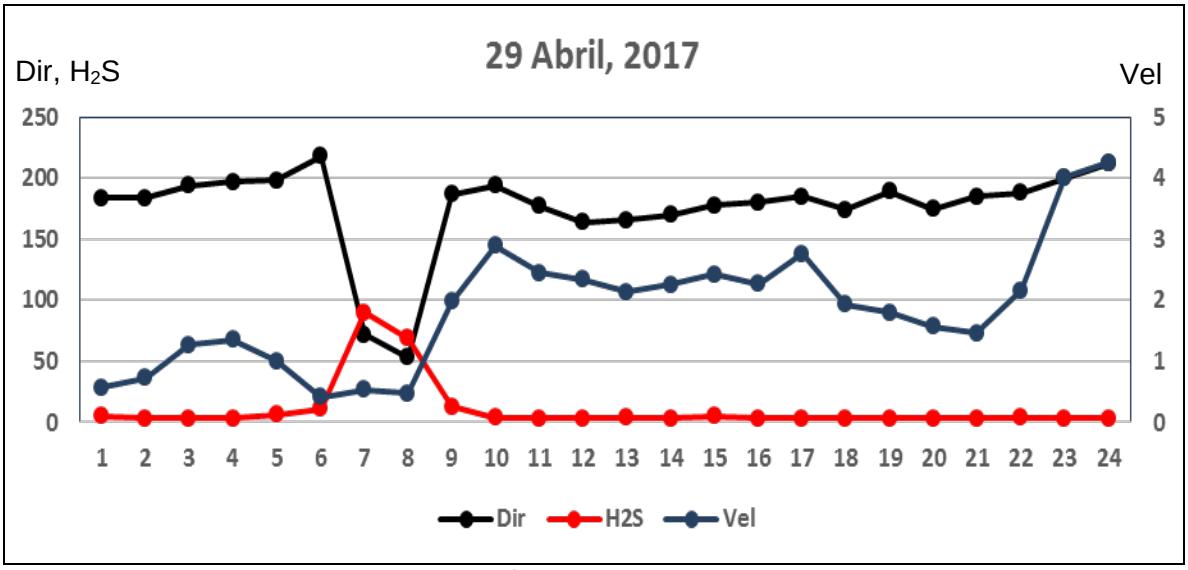


Figura 68. Episodio de sulfuro de hidrógeno 29 Abril 2017

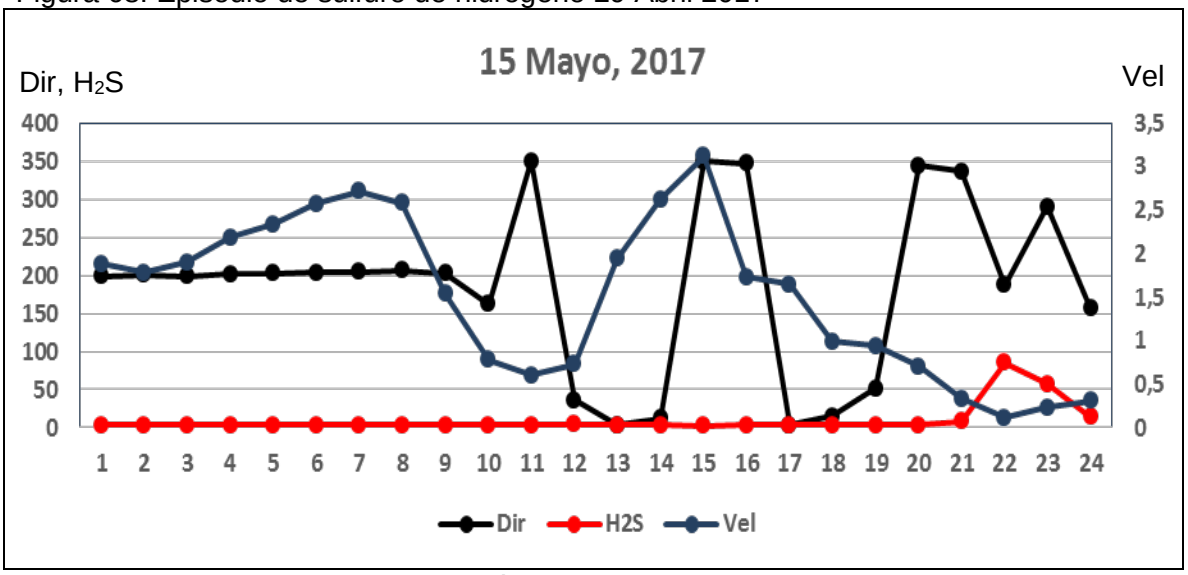


Figura 69. Episodio de sulfuro de hidrógeno 15 Mayo 2017

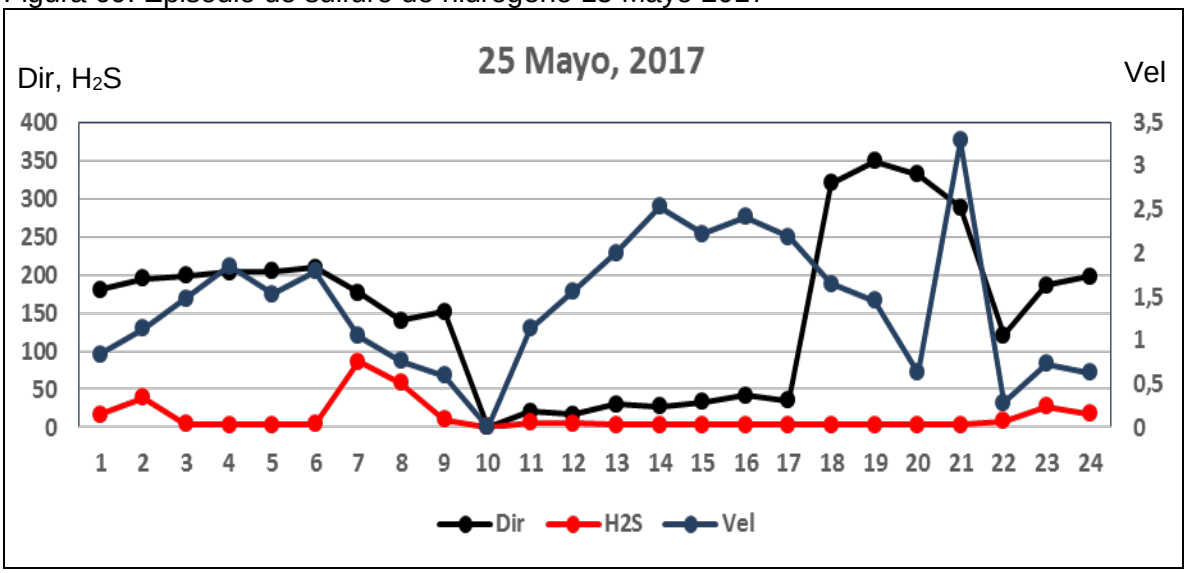


Figura 70. Episodio de sulfuro de hidrógeno 25 Mayo 2017

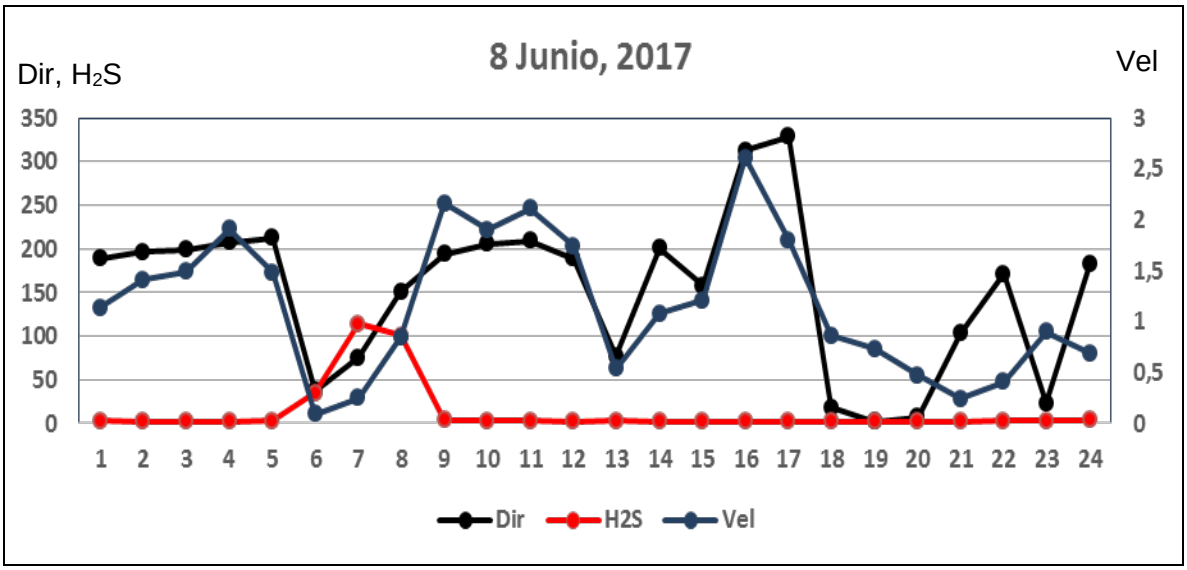


Figura 71. Episodio de sulfuro de hidrógeno 8 Junio 2017

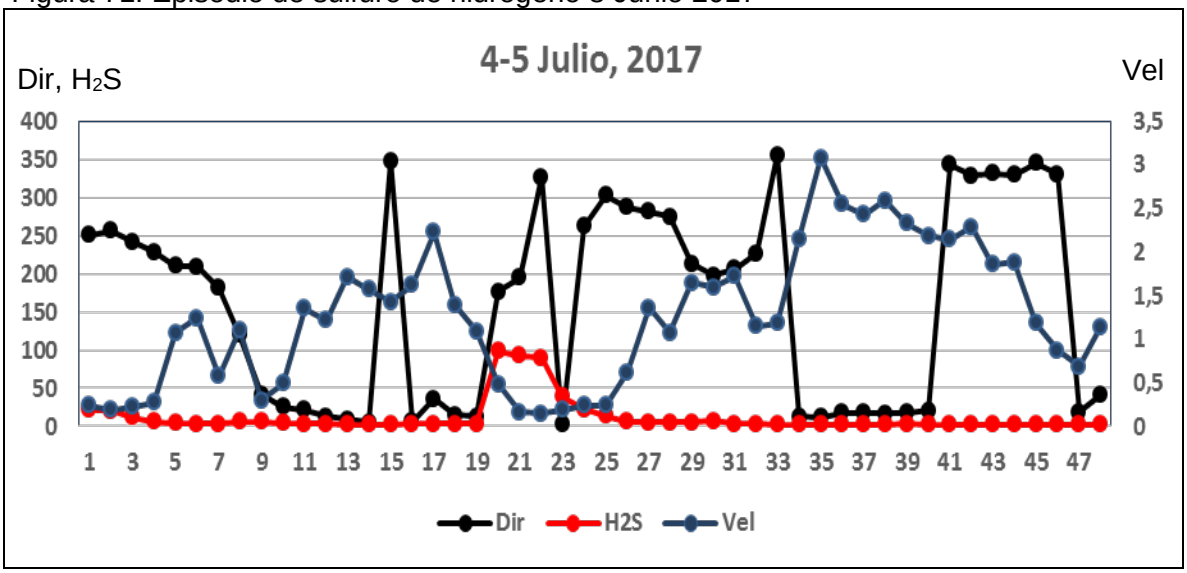


Figura 72. Episodio de sulfuro de hidrógeno 4-5 Julio 2017

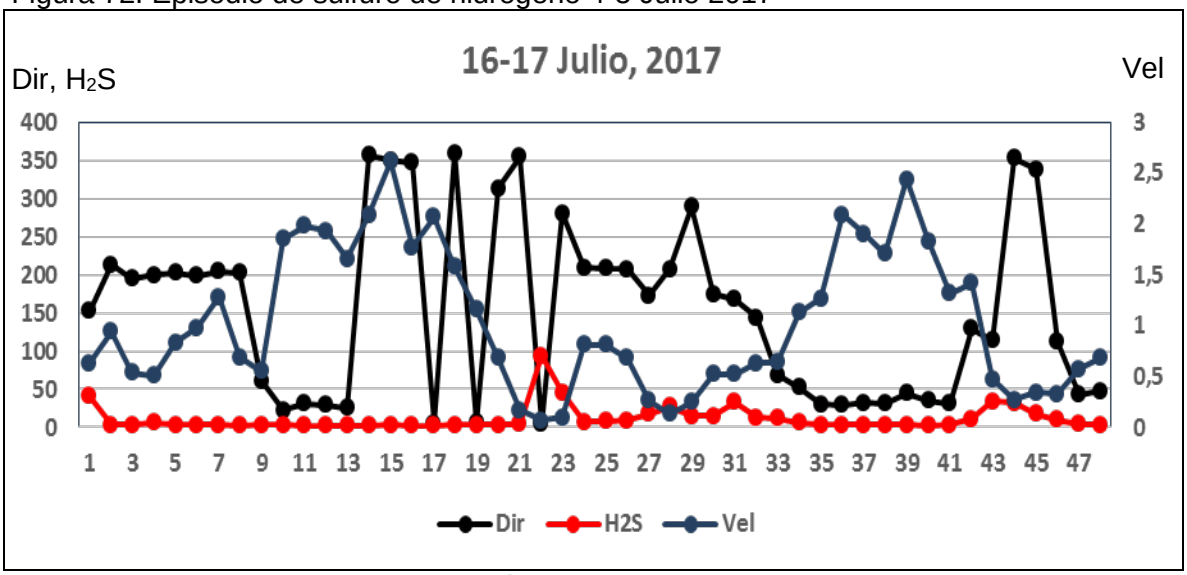


Figura 73. Episodio de sulfuro de hidrógeno 16-17 Julio 2017

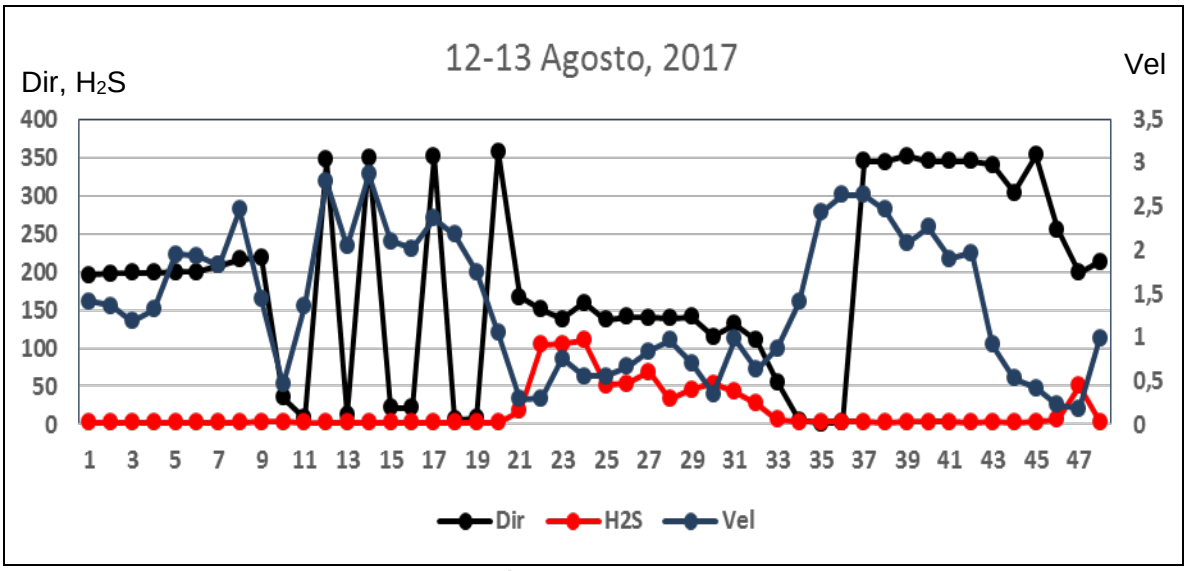


Figura 74. Episodio de sulfuro de hidrógeno 12-13 Agosto 2017

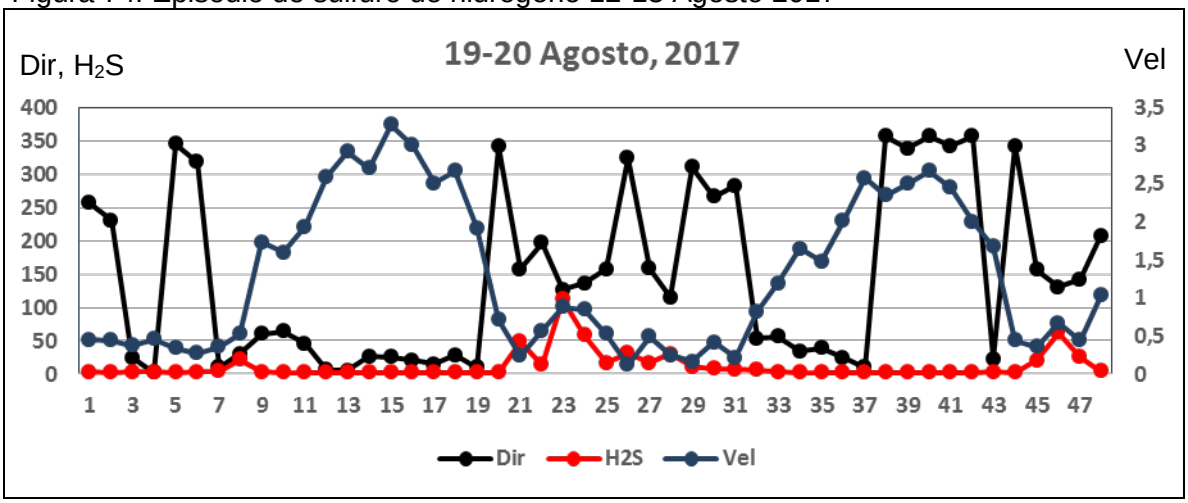


Figura 75. Episodio de sulfuro de hidrógeno 19-20 Agosto 2017

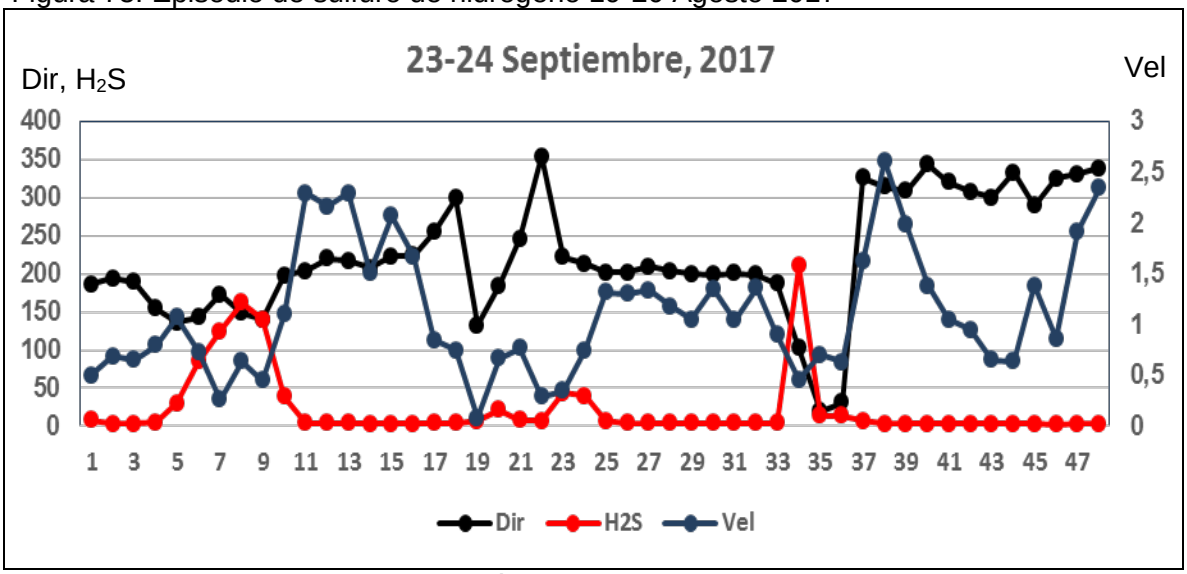


Figura 76. Episodio de sulfuro de hidrógeno 23-24 Septiembre 2017

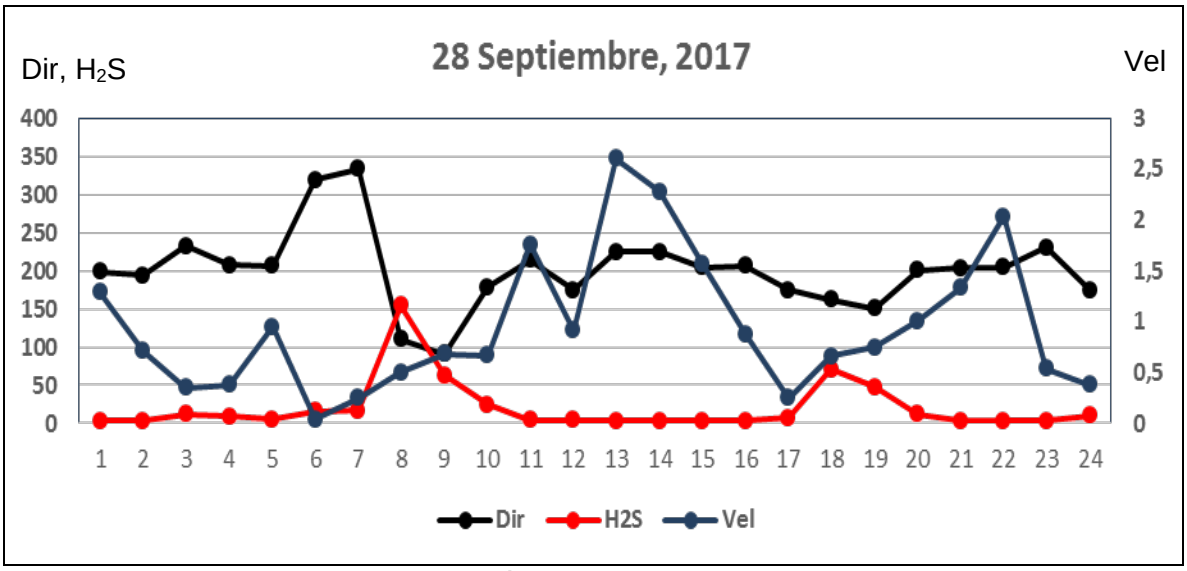


Figura 77. Episodio de sulfuro de hidrógeno 28 Septiembre 2017

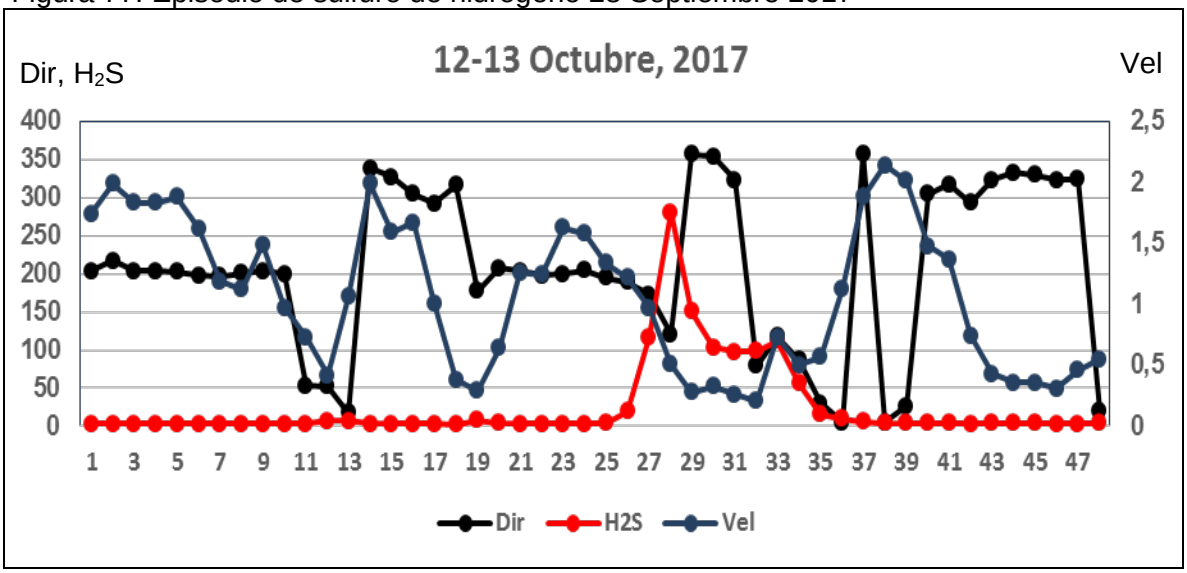


Figura 78. Episodio de sulfuro de hidrógeno 12-13 Octubre 2017

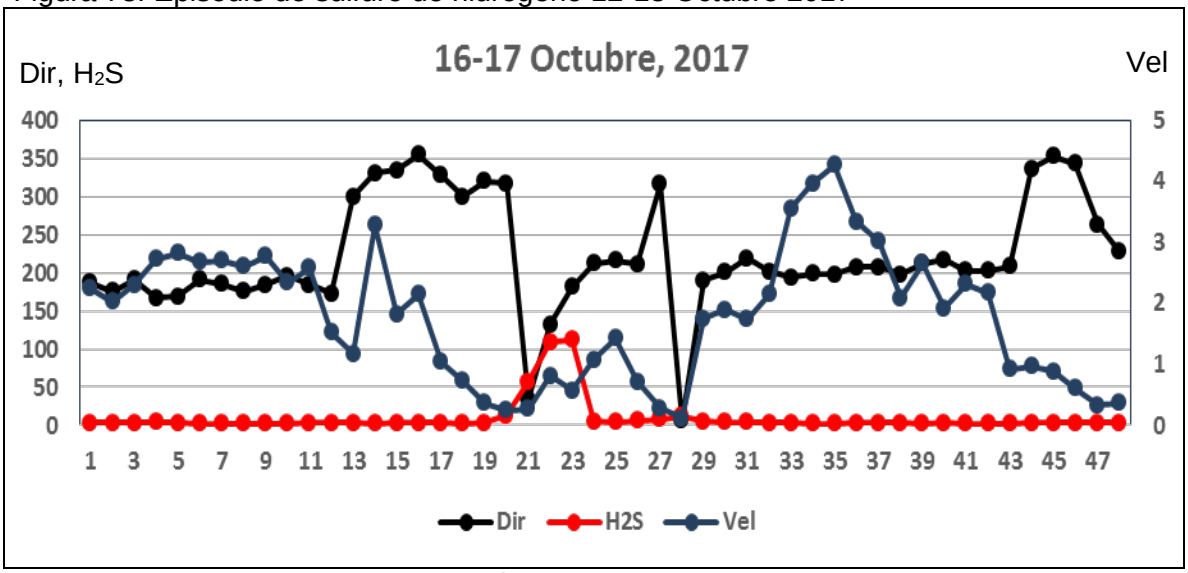


Figura 79. Episodio de sulfuro de hidrógeno 16-17 Octubre 2017

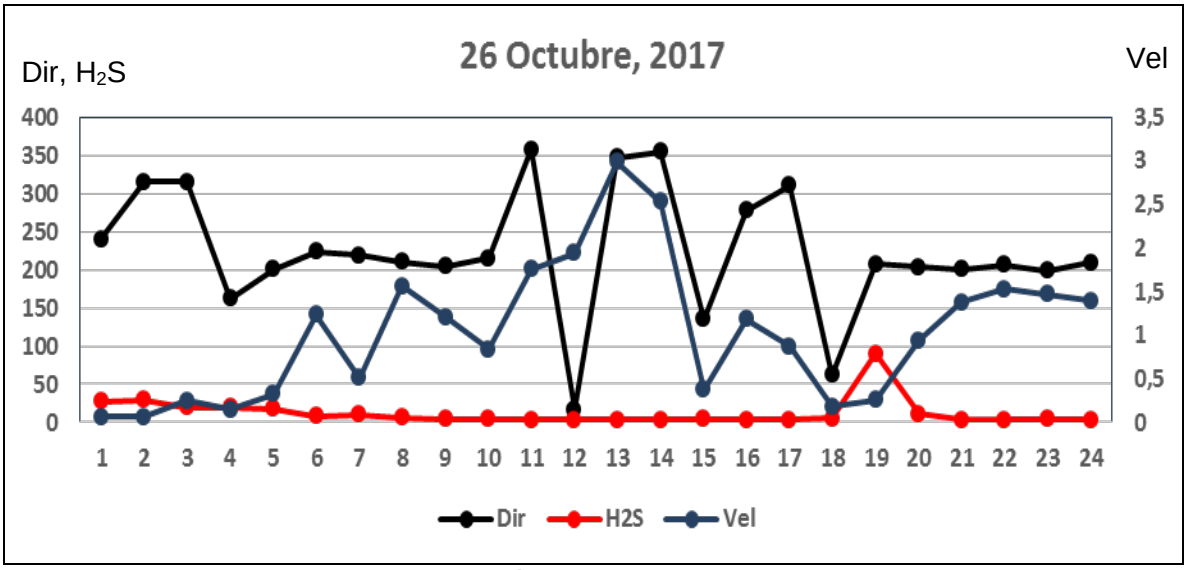


Figura 80. Episodio de sulfuro de hidrógeno 26 Octubre 2017

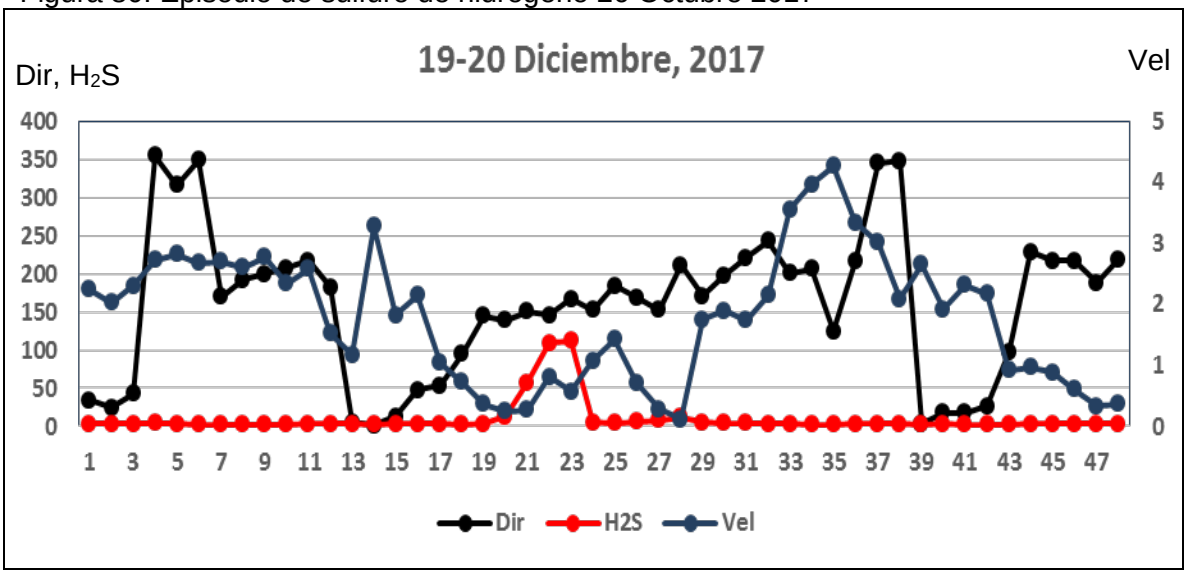


Figura 81. Episodio de sulfuro de hidrógeno 19-20 Diciembre 2017

De las figuras 63 a 81, donde se representan la evolución de los niveles de inmisión de sulfuro de hidrógeno (mayoritariamente los que superan el criterio de calidad semihorario de 100 μg/m^3), dirección y velocidad del viento, se puede determinar que un 50 % de los episodios se registran cuando la dirección del viento se sitúa en el sector SE-SSE, el 27% en el sector NE-ESE y el 18% en el sector S-SSW. Los episodios con mayor nivel de concentración se detectan a velocidades del viento bajas, de situación de práctica calma, con valores de 0,5 a 1,5 m/s. Este primer nivel de análisis indica que los episodios mayoritariamente tienen el origen en la actividad de producción de papel situada en el sector SE-SSE respecto a la estación de control de la calidad del aire. Debido a las bajas velocidades del viento, el establecimiento del porcentaje final del origen de los episodios de mayor impacto (>100 μg/m^3) tendrá que determinarse mediante la generación de las rosas de episodios de diferentes niveles de concentración. En la figura 82 se puede observar la rosa de episodios situada sobre el punto de detección de los episodios (estación de control de la calidad del aire) para niveles de concentración >80 μg/m^3.



Figura 82. Rosa de episodios de sulfuro de hidrógeno (niveles de inmisión > 80 μg/m^3) Año 2017

Durante el año 2017, el 90% de los episodios de concentración >30 μg/m^3 se producen en el período horario de las 19:00 a las 8:00 horas. Los episodios de concentración >80 μg/m^3 se producen en las siguientes frecuencias de dirección del viento: NE (1,5%), ENE (9,5%), E (13,5%), ESE(4%), SE (18%), SSE (33,5%), S(10%) y SSW(10%).

En el período del 1 de Enero a 30 de Mayo de 2018, las frecuencias de dirección del viento de los episodios de H_2S con concentración superior a 30 μg/m^3 son las siguientes:

- SSE : 44,5% - SSW: 11,1% - S: 33, 3 % - WSW: 11,1 %

Como en el año 2017, en 2018 los episodios se producen en el período horario de las 19:00 a las 08:00, período donde se registran las velocidades del viento más bajas (ver figuras 14 a 17).

5. CÁLCULO DE RETROTRAYECTORIAS Y PENACHOS ACTIVIDADES. ORIGEN EPISODIOS DE SULFURO DE HIDRÓGENO

Para la determinación más precisa del origen de los episodios, posteriormente a la elaboración del primer nivel de análisis consistente en la elaboración de las rosas de episodios (frecuencia de direcciones del viento asociadas al registro de episodios), se ha realizado el cálculo de retrotrayectorias y/o penachos de las fuentes con registro de emisiones de sulfuro de hidrógeno mediante modelización numérica.

5.1. Metodología cálculo de retrotrayectorias y penachos

Para la asignación de orígenes de episodios de olor-contaminación registrados mediante modelización numérica se ha utilizado la siguiente metodología:

- Modelo TAPM (*The Atmospheric Pollution Model*, CSIRO, Australia) con resolución de las ecuaciones fundamentales fluido-dinámicas de transporte para predecir la meteorología y la concentración de contaminantes para aplicaciones de estudio y control de la calidad del aire. TAPM consiste en componentes acoplados de pronóstico meteorológico y componentes de concentración de contaminantes, eliminando la necesidad de tener observaciones meteorológicas de superficie de la zona de estudio. El modelo predice los flujos importantes para la contaminación a escala local, como las brisas marinas y los flujos inducidos por el terreno, partiendo de datos meteorológicos generados por análisis sinópticos.
  La componente meteorológica de TAPM es un modelo de ecuaciones diferenciales para flujo incompresible, no hidrostático, que sigue las curvas de nivel del terreno para simulaciones tridimensionales. El modelo resuelve las ecuaciones vectoriales de momento para la componente horizontal de vientos, la ecuación de continuidad para la componente vertical, y las ecuaciones escalares para la temperatura potencial virtual y la humedad específica de vapor de agua, en forma de nubes y agua de lluvia.

5.2. Cálculo de retrotrayectorias y penachos de emisiones

La realización del segundo nivel de análisis ha llevado al cálculo de todas las retrotrayectorias y penachos de emisión de la actividad con registro de emisiones de sulfuro de hidrógeno (planta producción de pasta de papel) de los niveles de concentración superiores a los 50 $\mu g/m^3$ registrados en la estación de calidad del aire del Gobierno Vasco durante el año 2017 (año con mayores niveles de concentración de sulfuro de hidrógeno). En las figuras 83 a 110 se relacionan las retrotrayectorias y/o penachos de los episodios con niveles de concentración superiores a los 80 $\mu g/m^3$. Debido a que un cierto número de episodios se registran con velocidades del viento muy cercanas a la situación de calma, hecho que hace disminuir la eficiencia en la determinación del origen de la retrotrayectoria, en estos casos se ha determinado únicamente la evolución del penacho generado por las potenciales emisiones de la planta de producción de pasta de papel (principal fuente emisora conocida de sulfuro de hidrógeno y otros compuestos de azufre). El estudio del penacho tiene la utilidad de observar si el mismo puede tener impacto o no sobre el punto de detección (estación de control de la calidad del aire) en la fecha y hora de registro, con el fin de asignar o descartar la actividad como origen del episodio.

Episodio Nº 1: 118 μg/m³

Fecha: 01/01/2017 Hora: 08:00 Velocidad del viento: 0,2 m/s

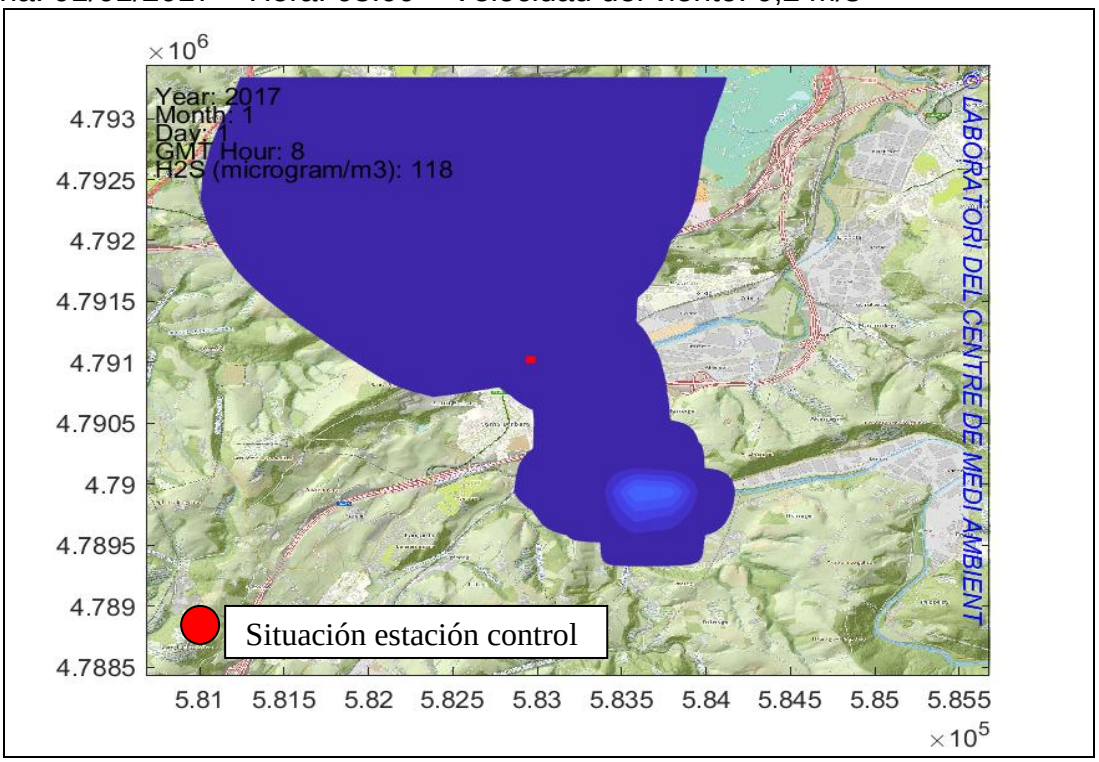


Figura 83. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 01/01/17

Episodio Nº 2: 123 μg/m³

Fecha: 28/02/2017 Hora: 03:00 Velocidad del viento: 1,2 m/s

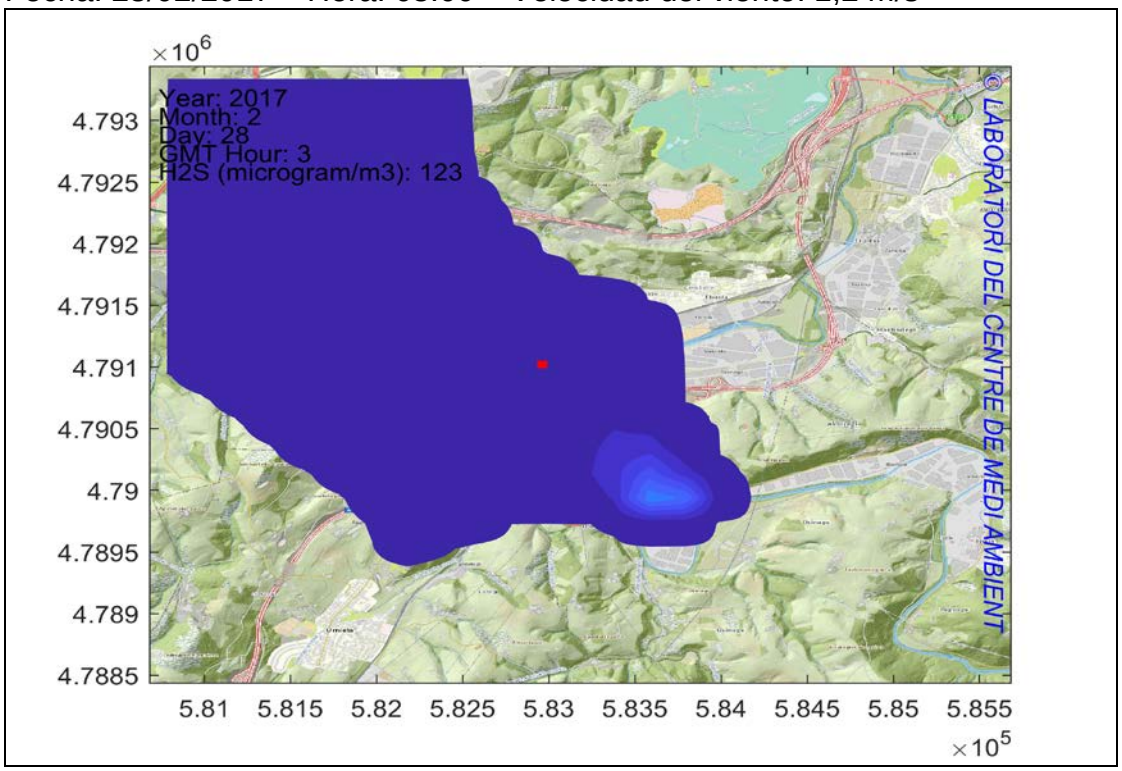


Figura 84. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 28/02/17

Episodio Nº 3: 135 μg/m³

Fecha: 16/03/2017 Hora: 20:00 Velocidad del viento: 0,99 m/s

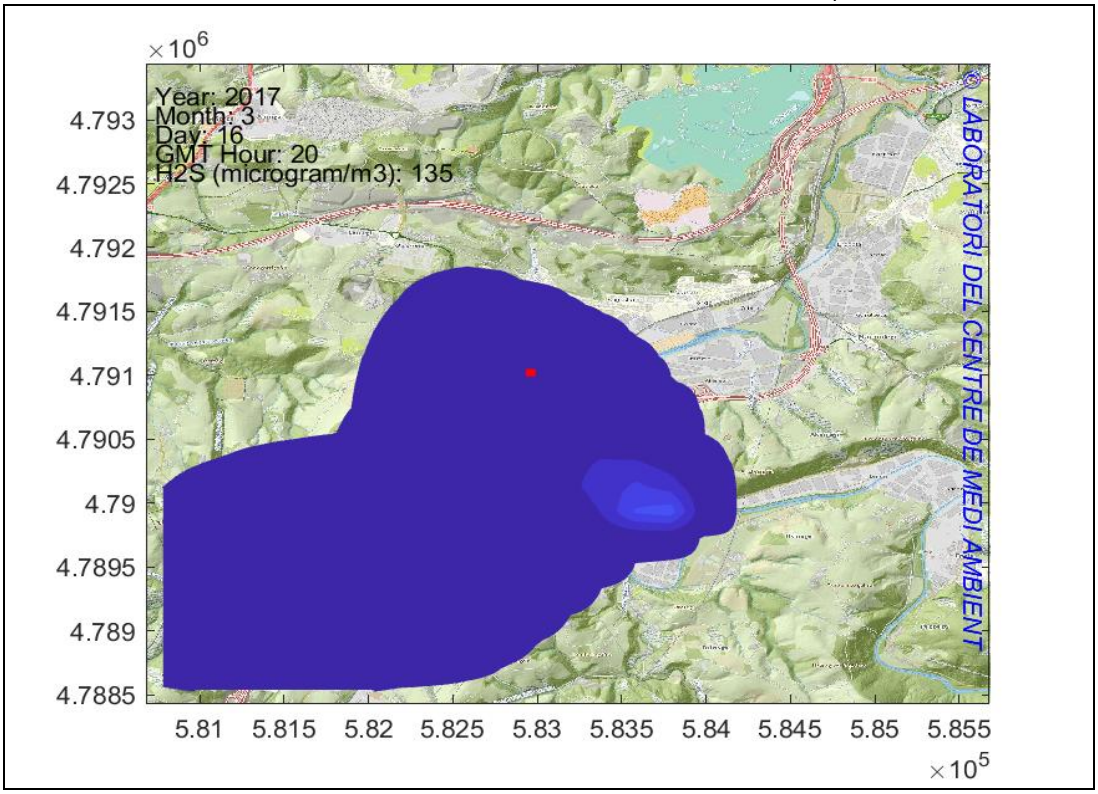


Figura 85. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 16/03/17

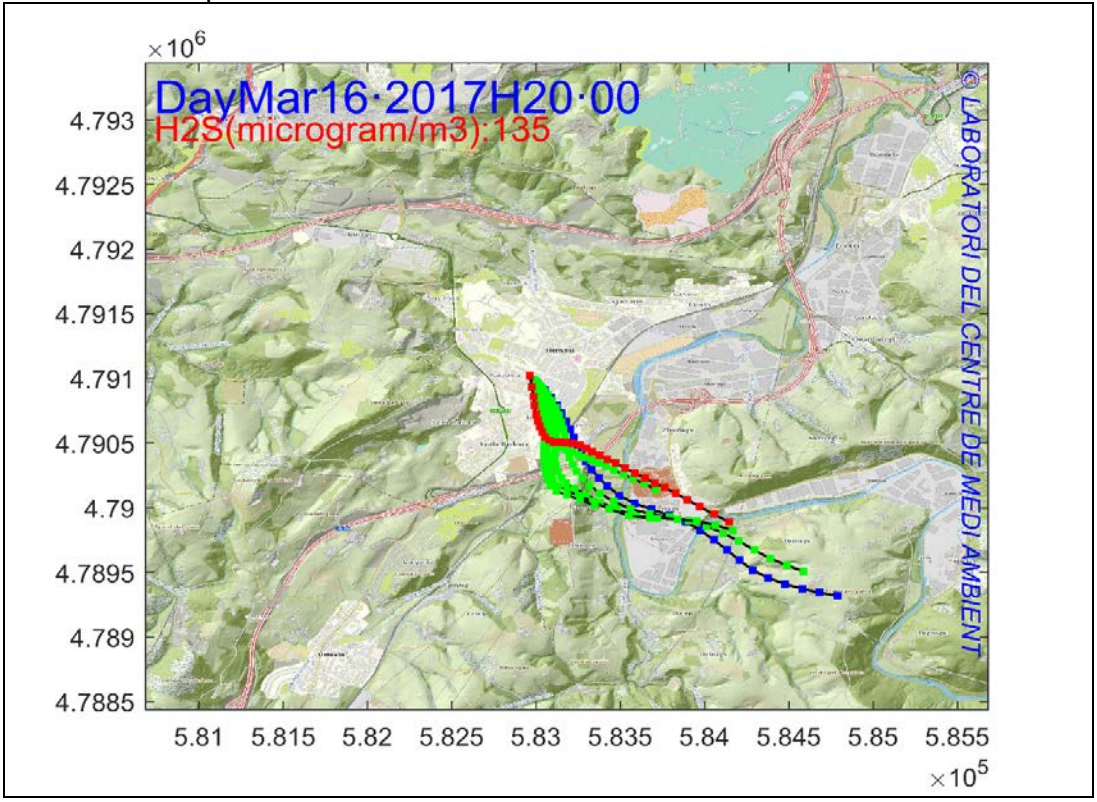


Figura 86. Cálculo retrotrayectoria episodio del 16/03/17

Episodio Nº 4: 234 μg/m³

Fecha: 26/03/2017 Hora: 22:00 Velocidad del viento: 0,26 m/s

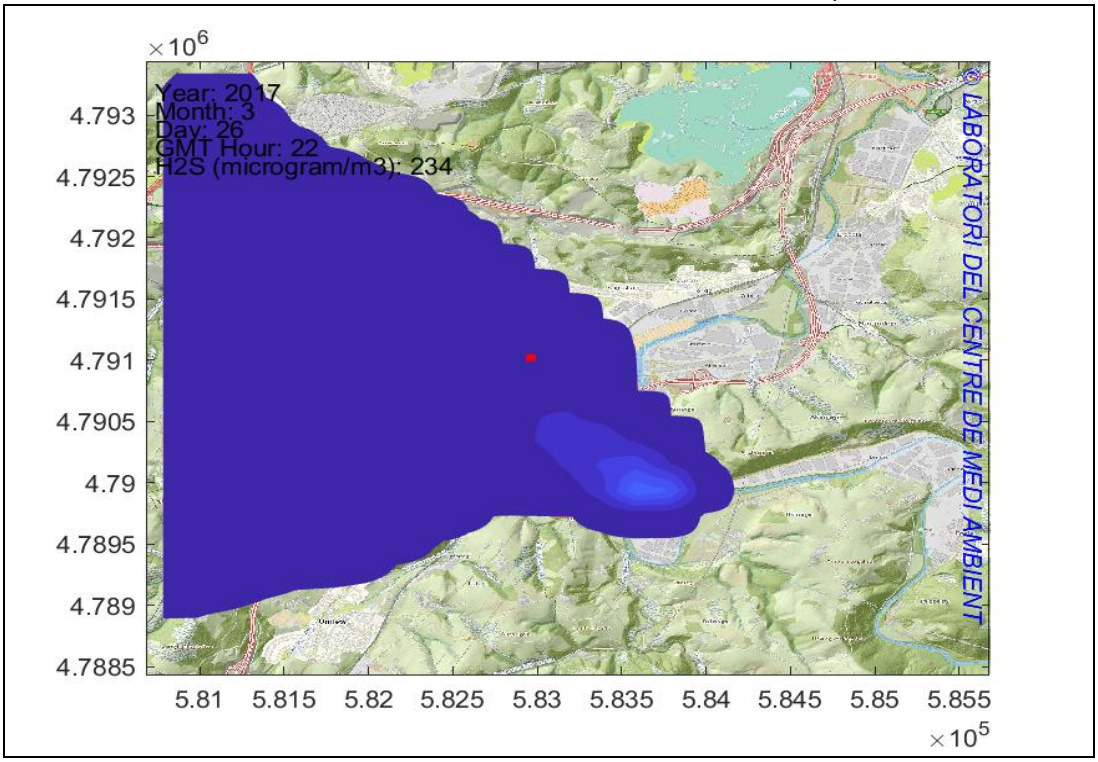


Figura 87. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 26/03/17

Episodio Nº 5: 90 μg/m³

Fecha: 29/04/2017 Hora: 07:00 Velocidad del viento: 0,54 m/s

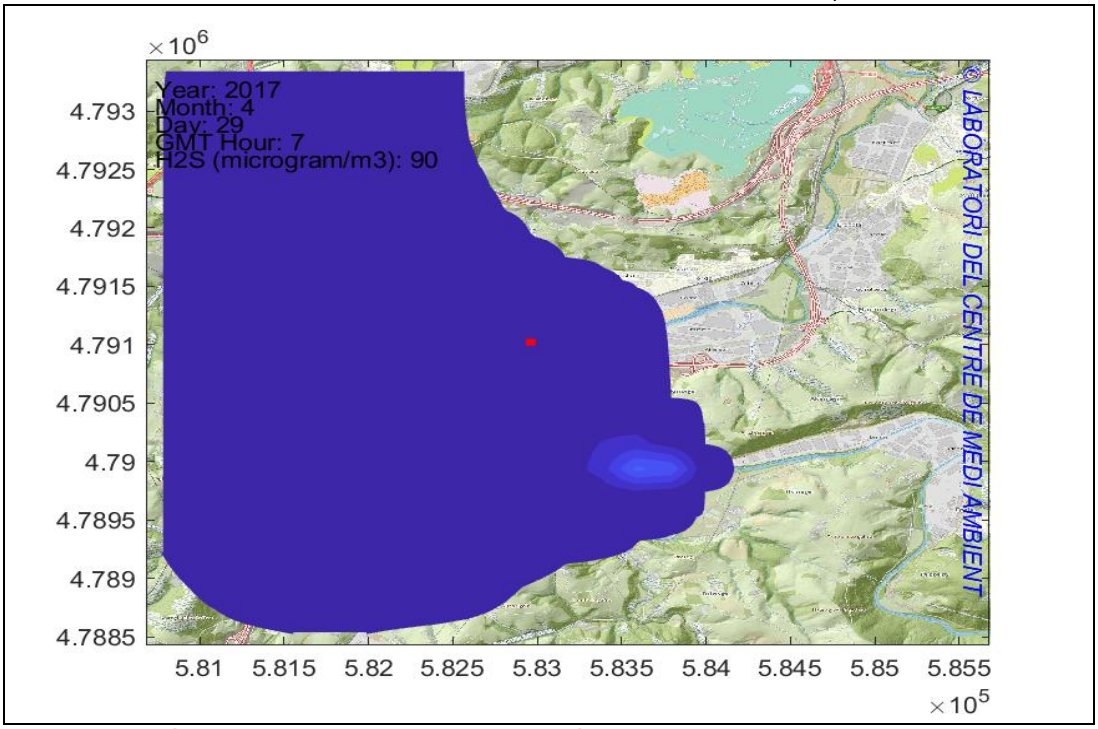


Figura 88. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 29/04/17

Episodio Nº 6: 85 μg/m³

Fecha: 15/05/2017 Hora: 22:00 Velocidad del viento: 0,11 m/s

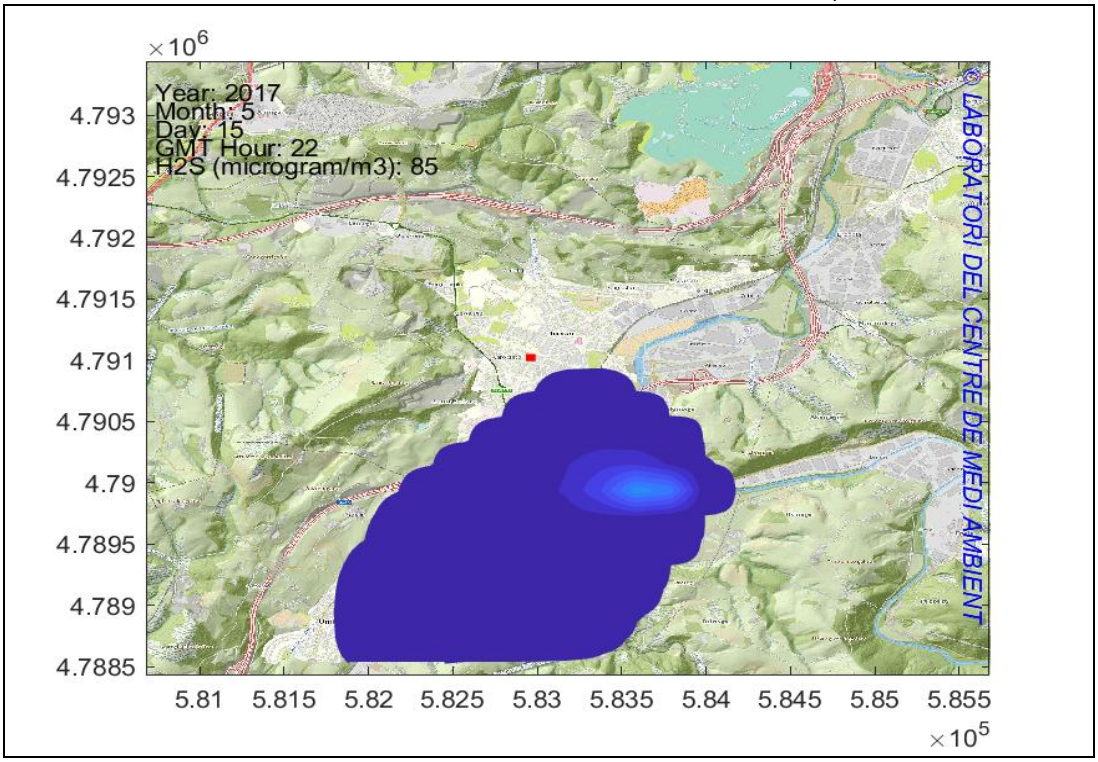


Figura 89. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 15/05/17

Episodio Nº 7: 86 μg/m³

Fecha: 25/05/2017 Hora: 08:00 Velocidad del viento: 1,05 m/s

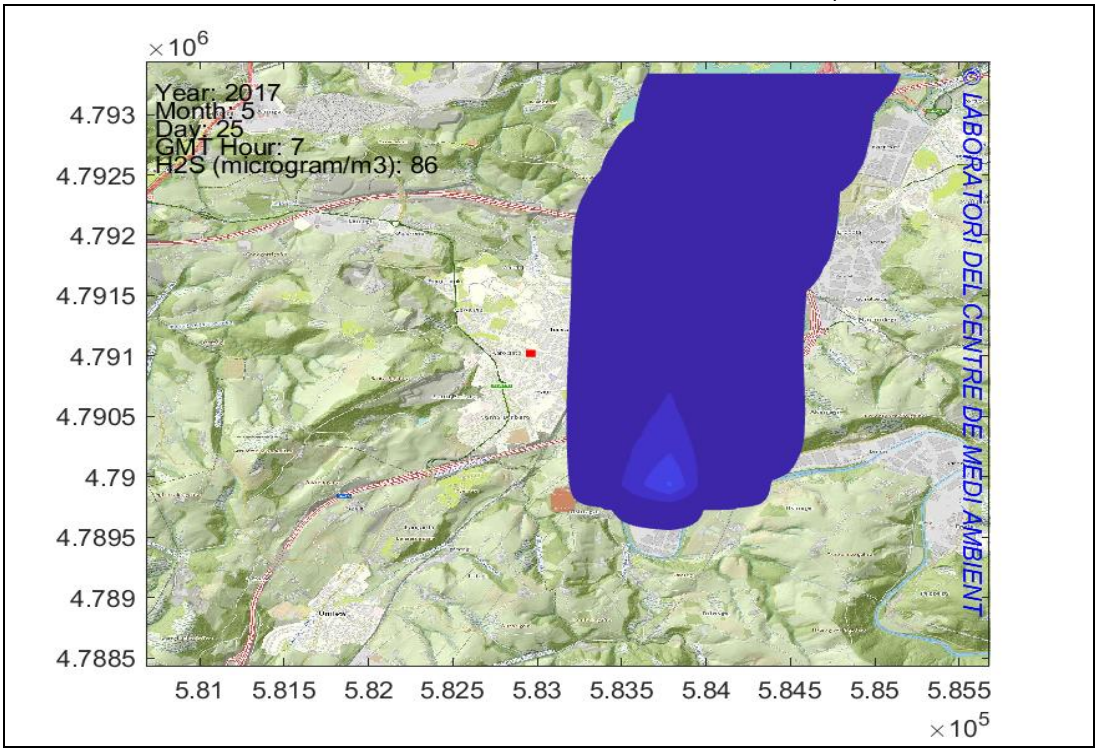


Figura 90. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 25/05/17

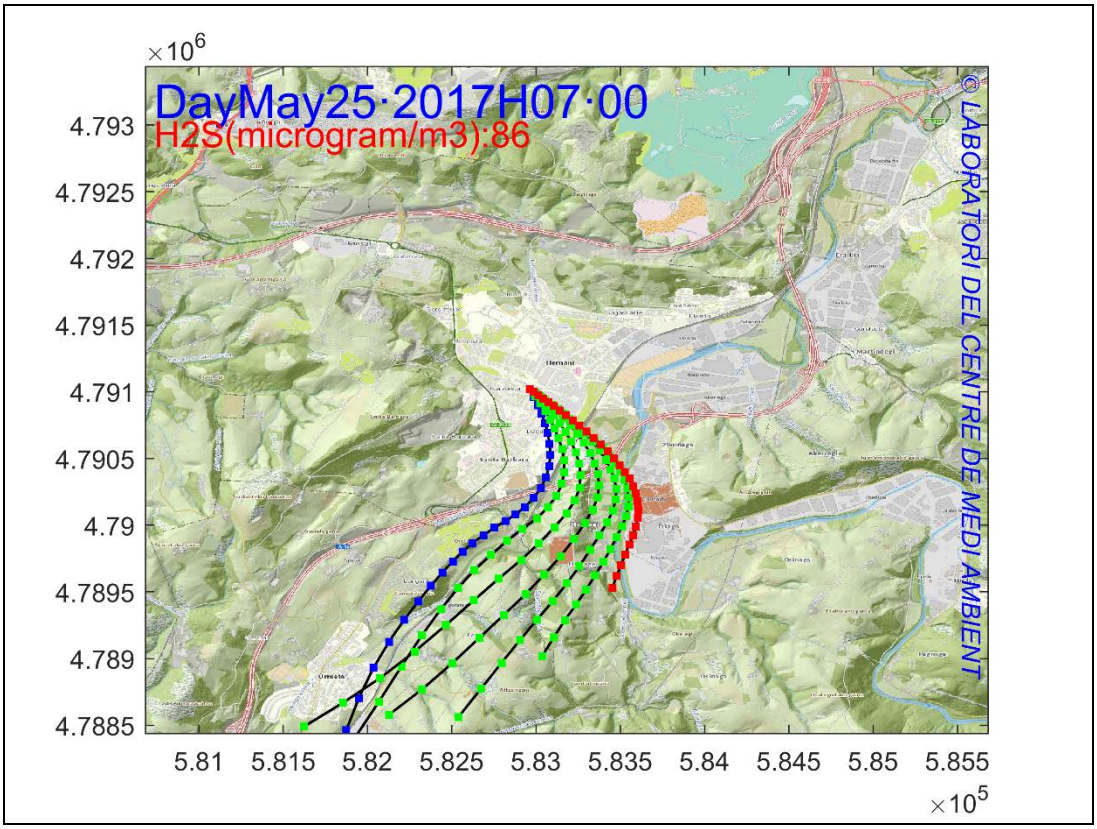


Figura 91. Cálculo retrotrayectoria episodio del 25/05/17

Episodio Nº 8: 110-114 μg/m³

Fecha: 08/06/2017 Hora: 07:00 Velocidad del viento: 0,85 m/s

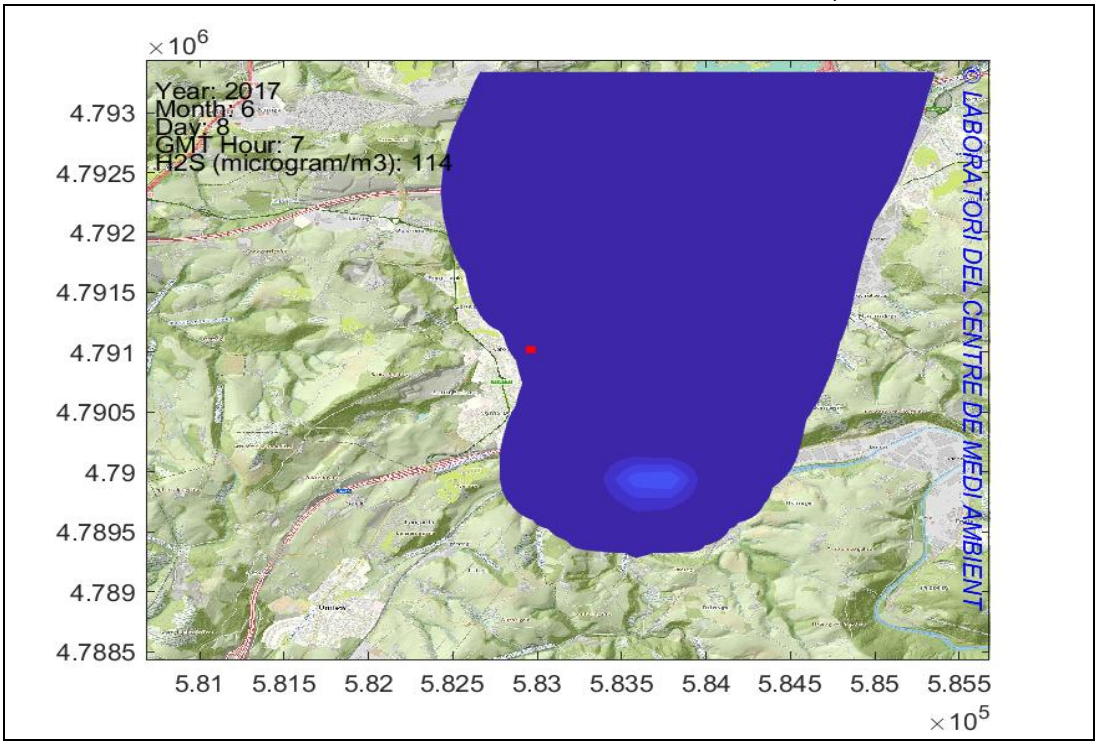


Figura 92. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 08/06/17

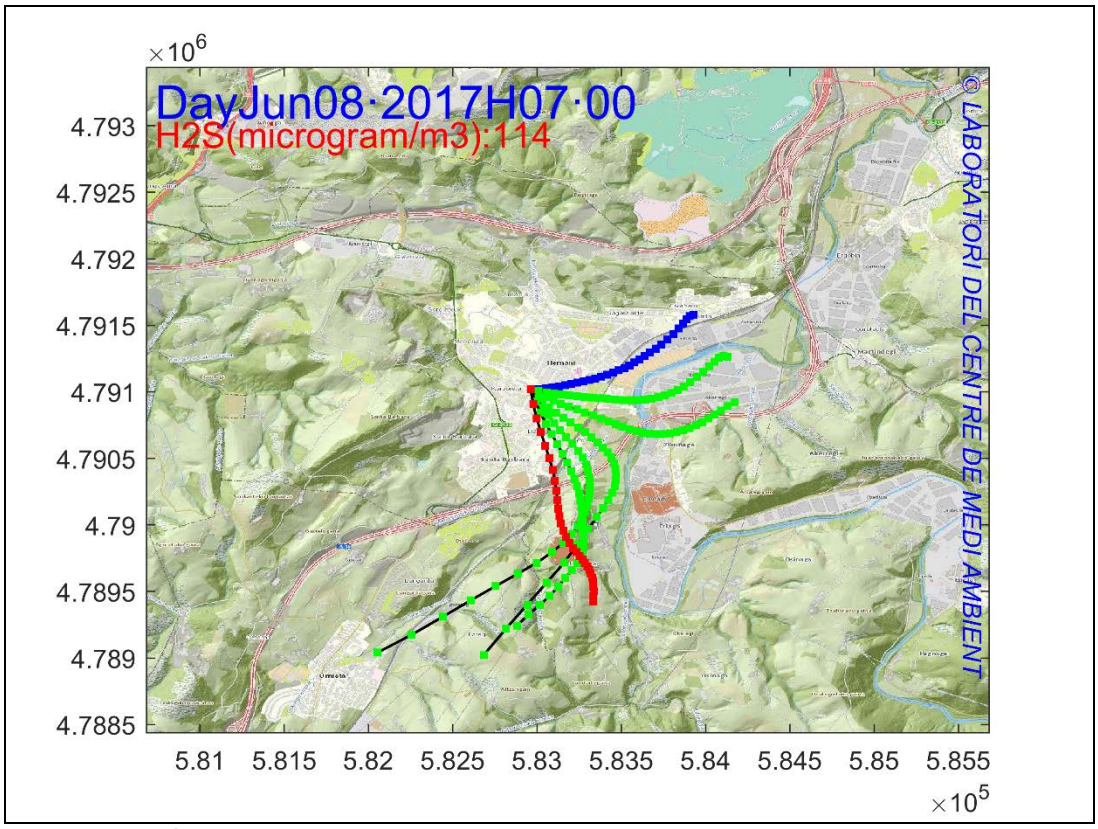


Figura 93. Cálculo retrotrayectoria episodio del 08/06/17

Episodio Nº 9: 99 μg/m³

Fecha: 04/07/2017 Hora: 20:00 Velocidad del viento: 0,48 m/s

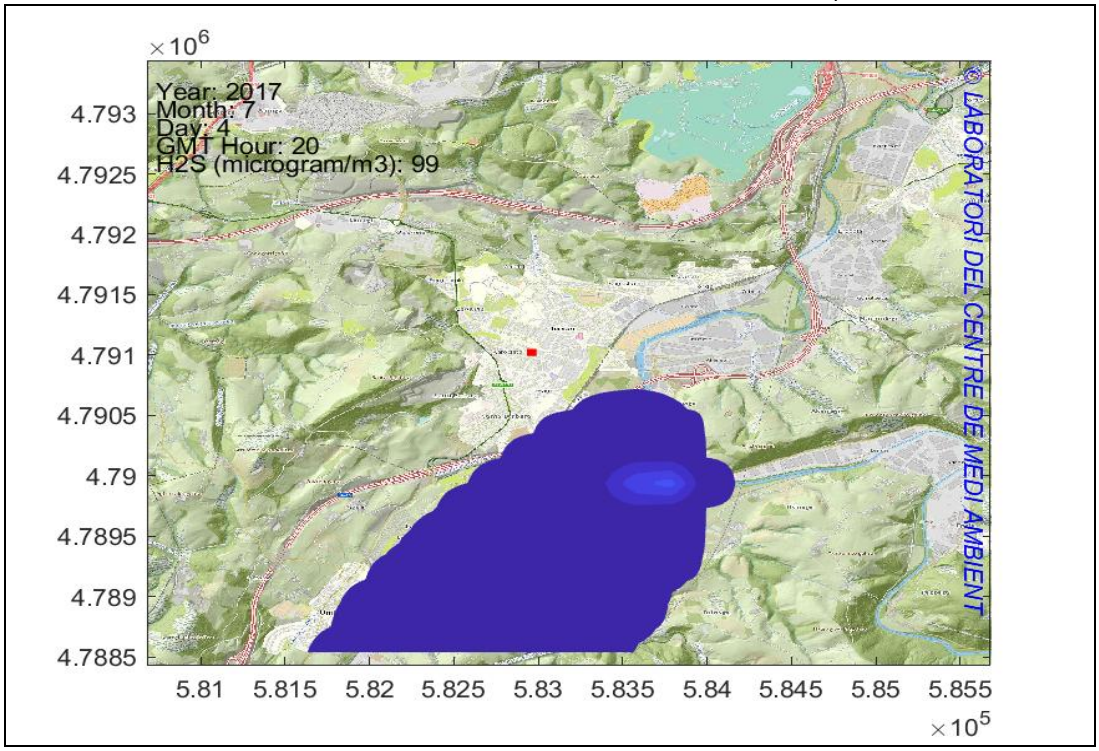


Figura 94. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 04/07/17

Episodio Nº 10: 94 μg/m³

Fecha: 16/07/2017 Hora: 22:00 Velocidad del viento: 0,07 m/s

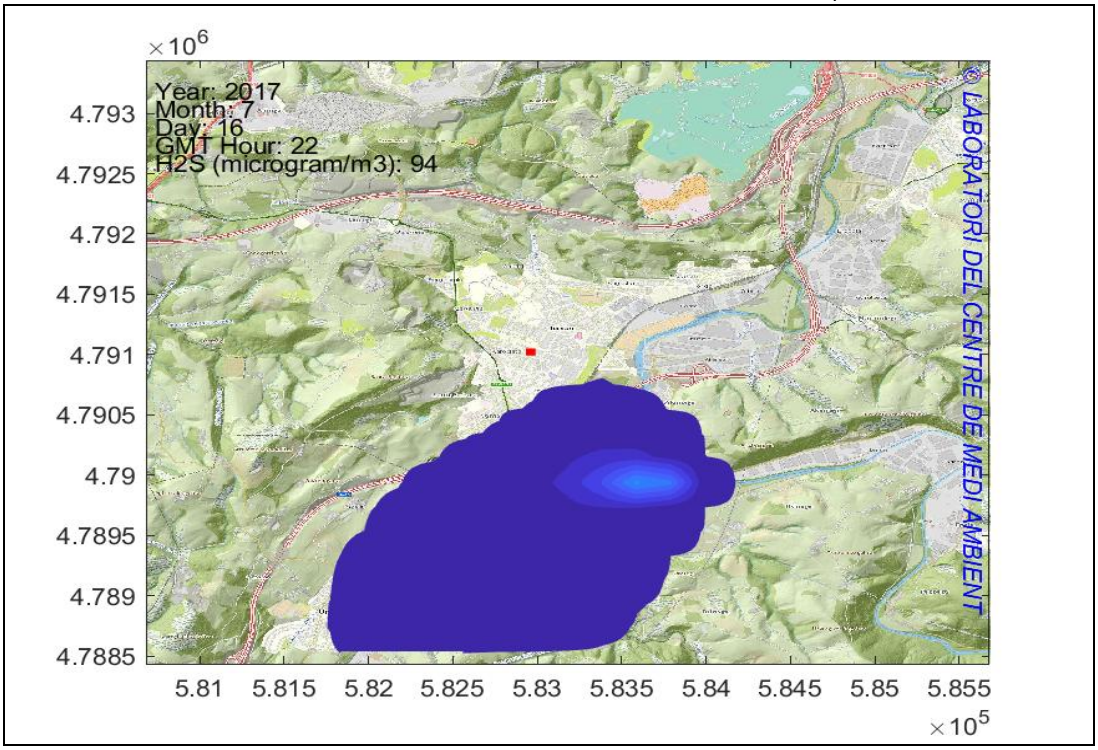


Figura 95. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 16/07/17

Episodio Nº 11: 110 μg/m³

Fecha: 12/08/2017 Hora: 24:00 Velocidad del viento: 0,75 m/s

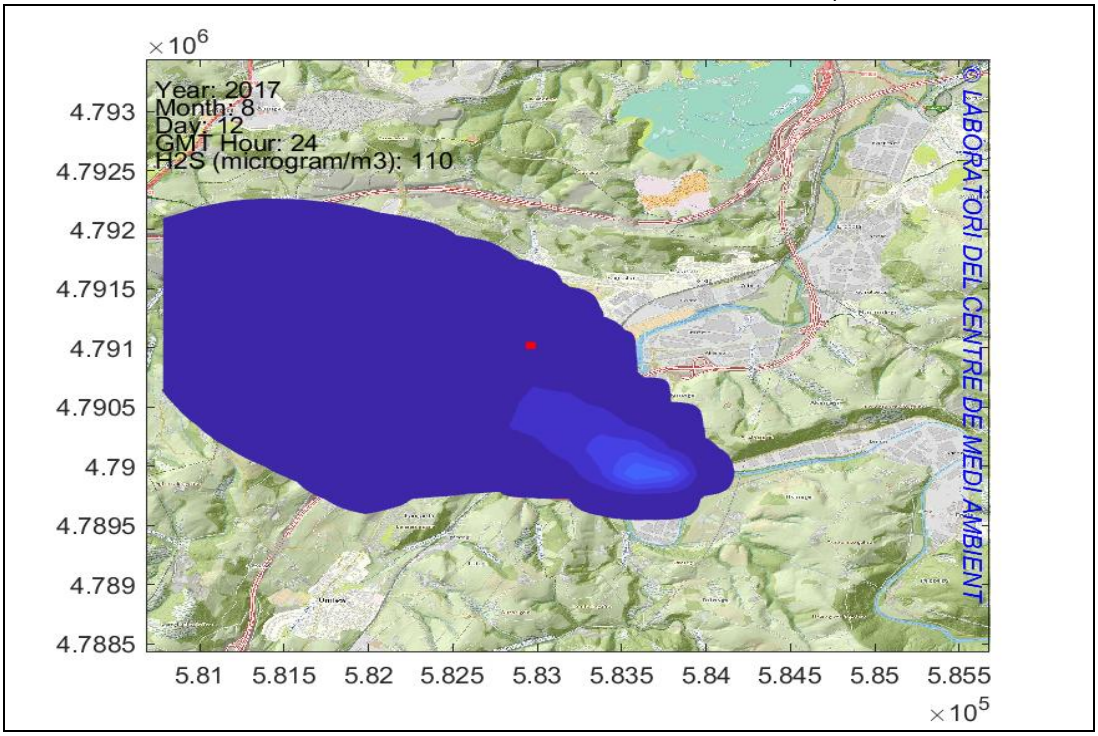


Figura 96. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 12/08/17

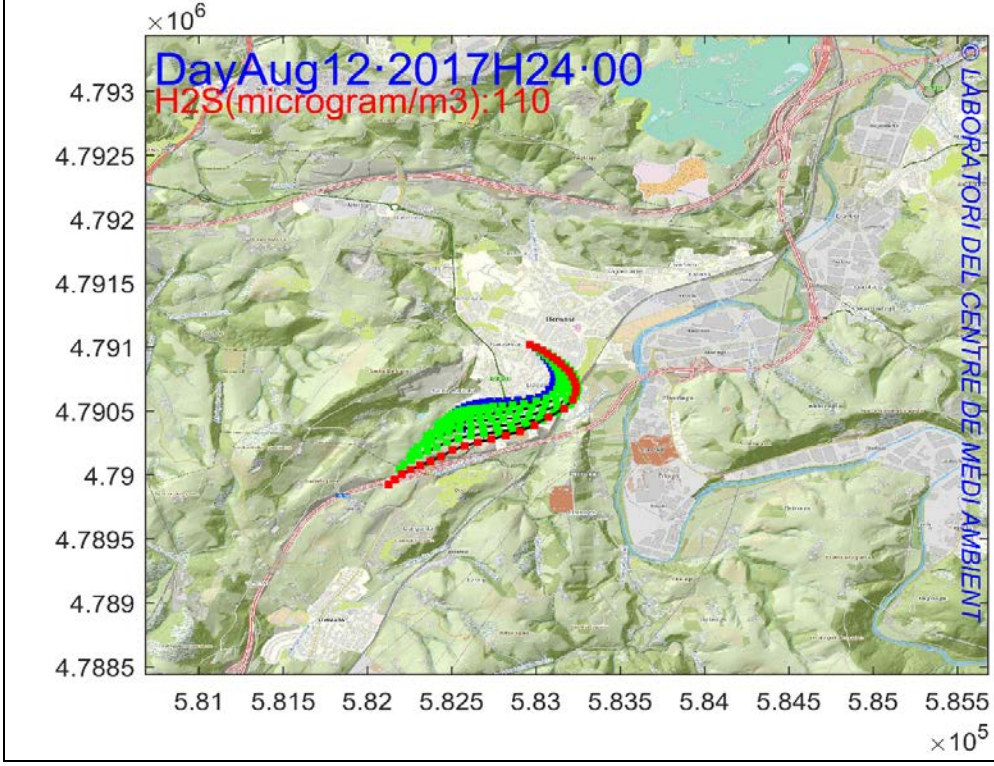


Figura 97. Cálculo retrotrayectoria episodio del 12/08/17

Episodio Nº 12: 112 μg/m³

Fecha: 19/08/2017 Hora: 23:00 Velocidad del viento: 0,88 m/s

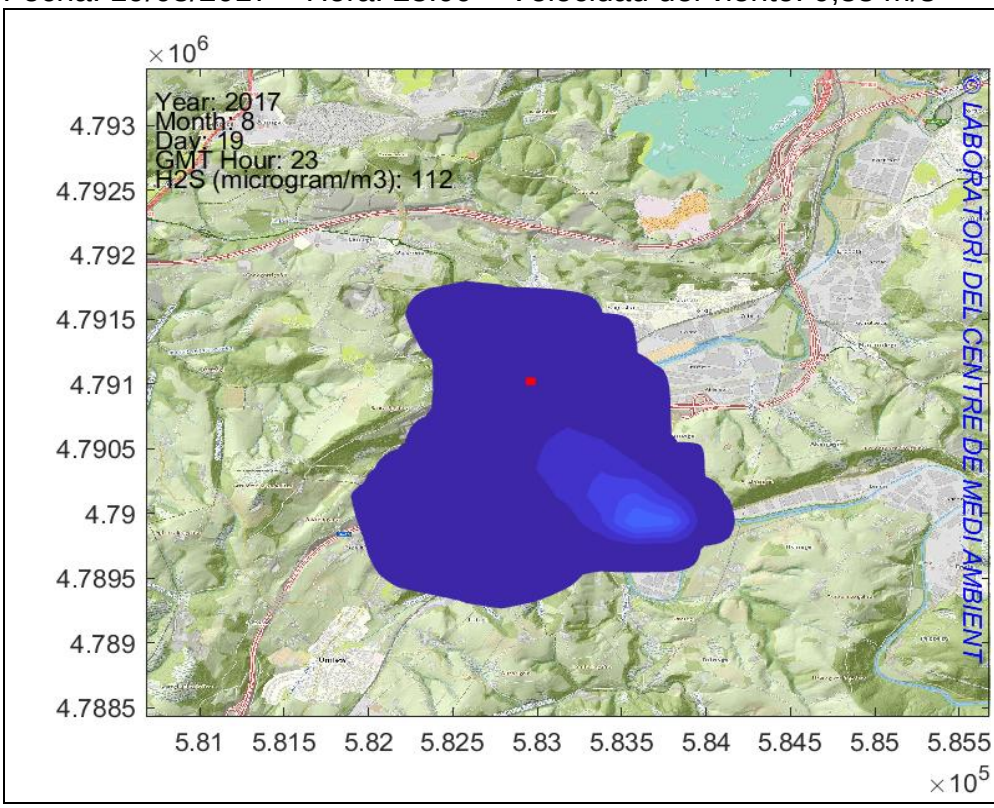


Figura 98. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 19/08/17

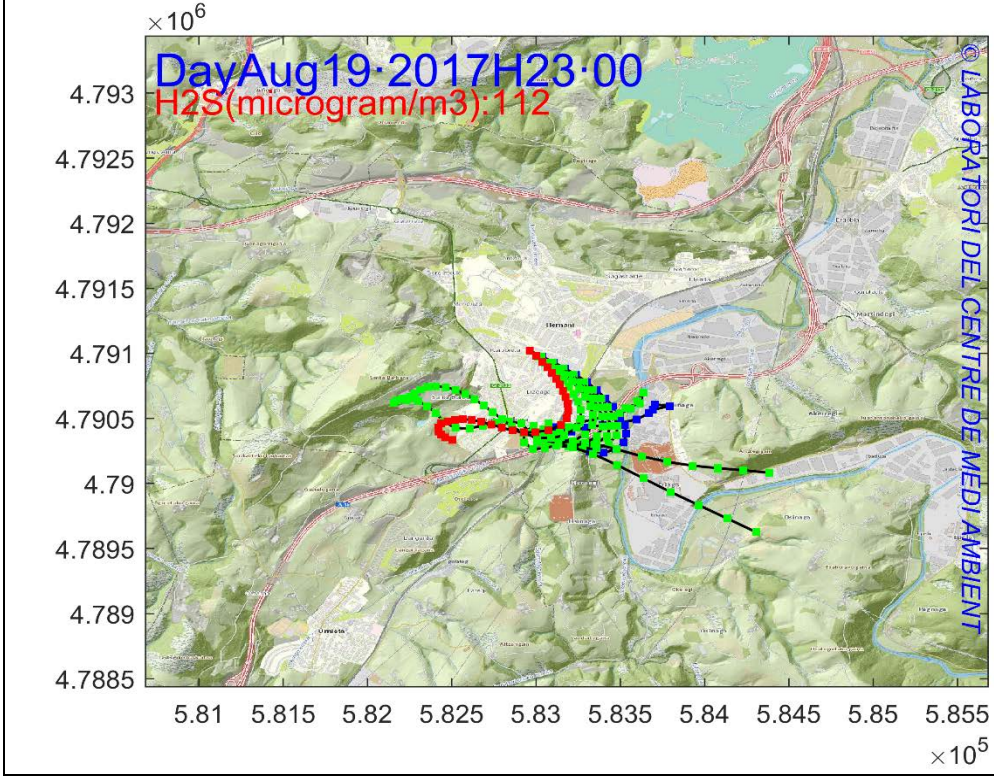


Figura 99. Cálculo retrotrayectoria episodio del 19/08/17

Episodio Nº 13: 162 μg/m³

Fecha: 23/09/2017 Hora: 08:00 Velocidad del viento: 0,64 m/s

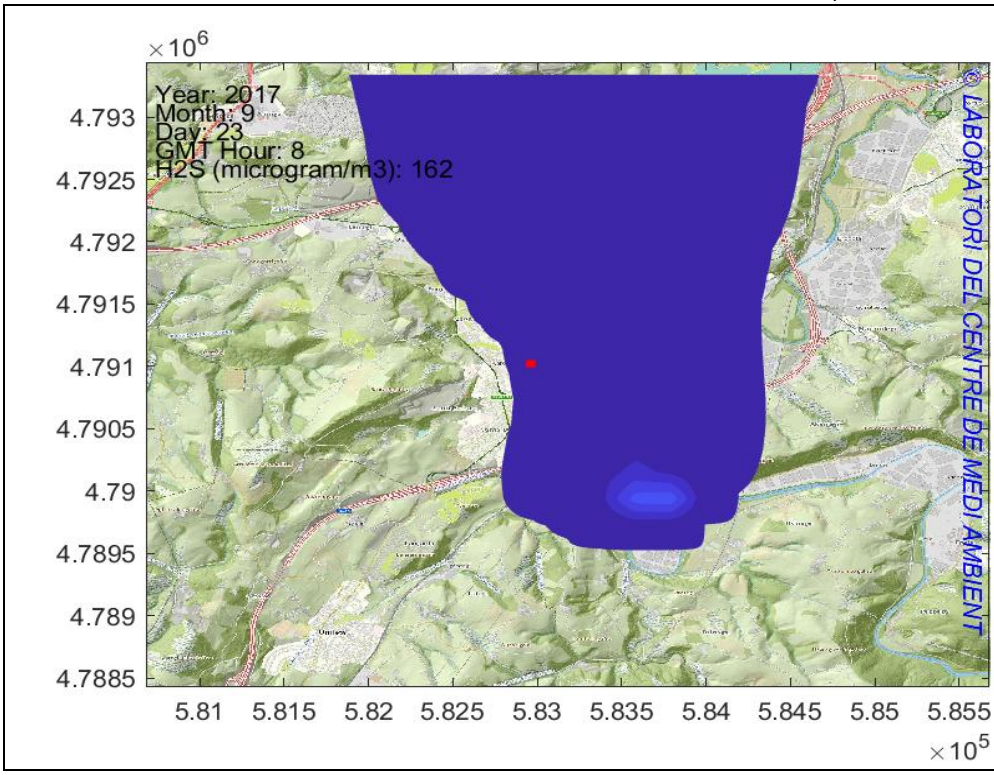


Figura 100. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 23/09/17

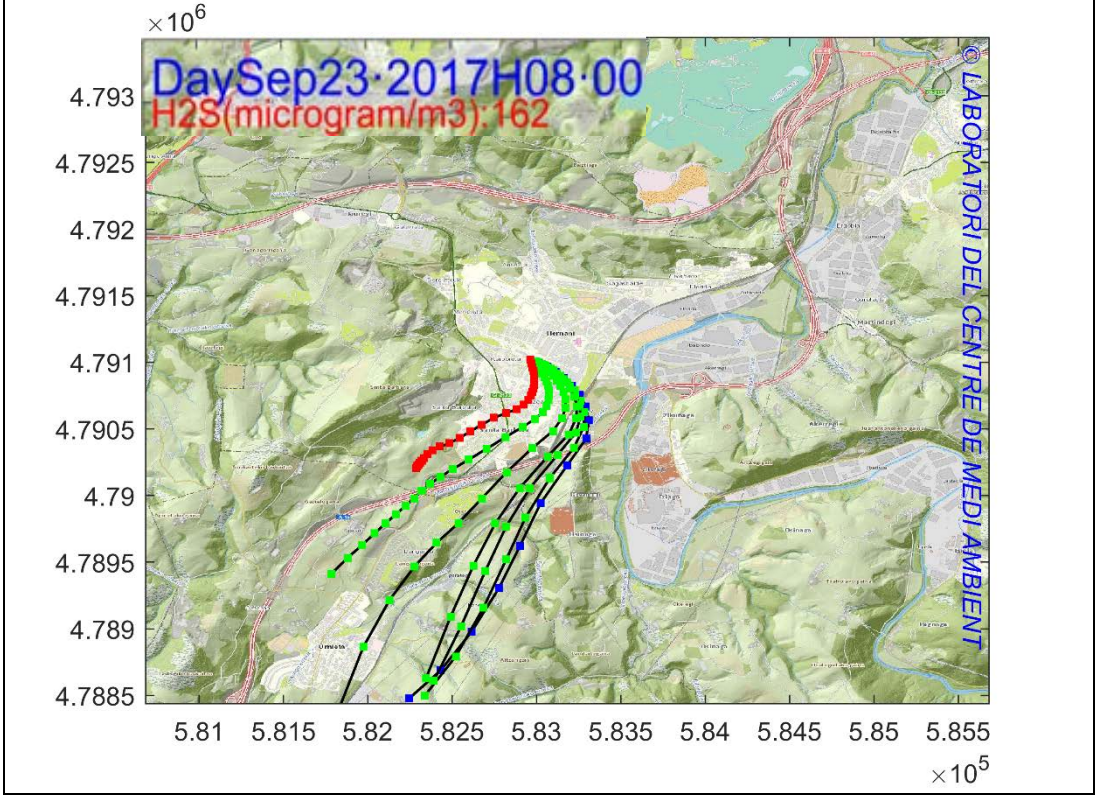


Figura 101. Cálculo retrotrayectoria episodio del 23/09/17

Episodio Nº 14: 210 μg/m³

Fecha: 24/09/2017 Hora: 10:00 Velocidad del viento: 0,46 m/s

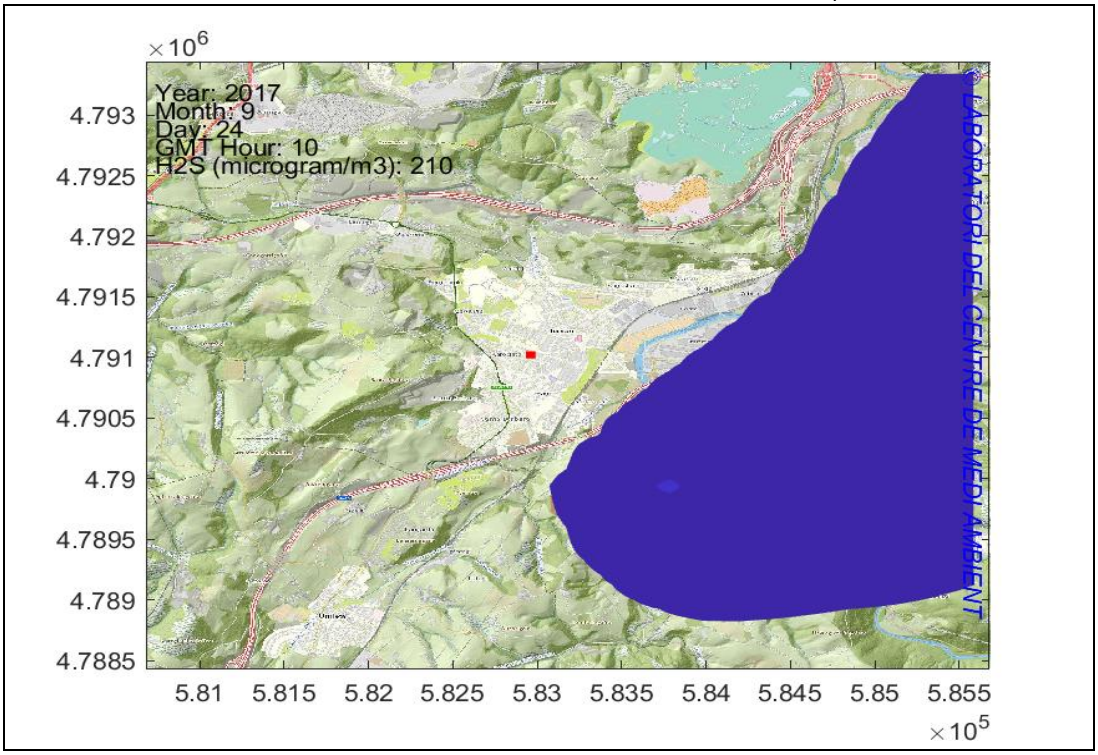


Figura 102. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 23/09/17

Episodio Nº 15: 154 μg/m³

Fecha: 28/09/2017 Hora: 08:00 Velocidad del viento: 0,5 m/s

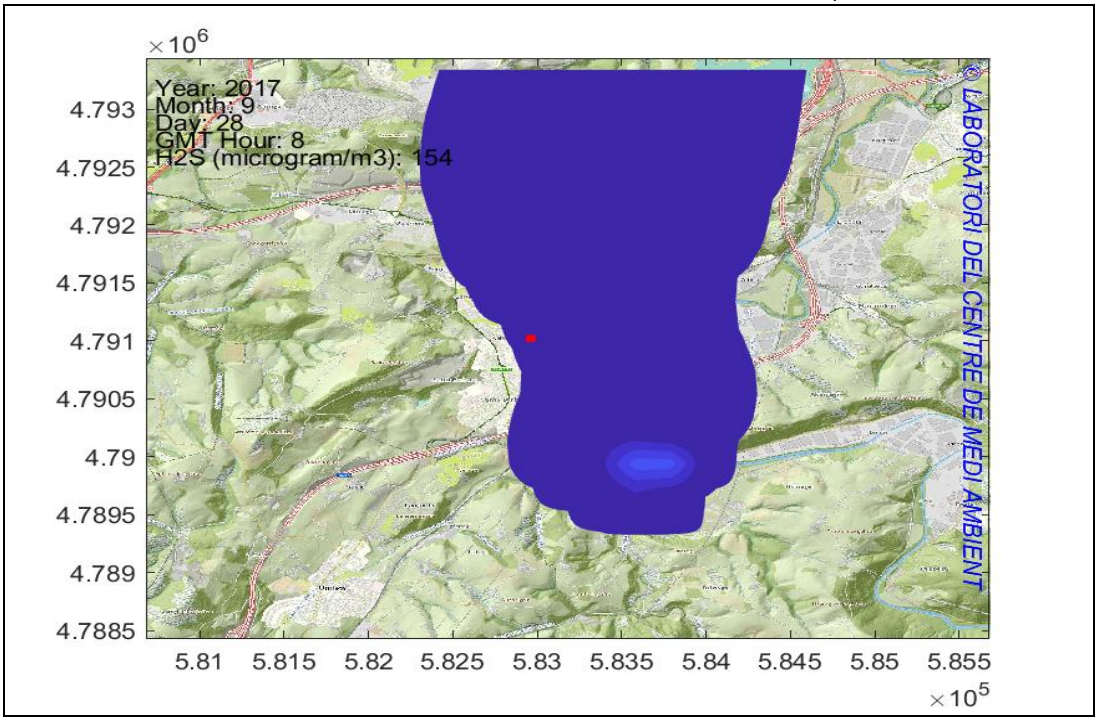


Figura 103. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 28/09/17

Episodio Nº 16: 117 μg/m³

Fecha: 13/10/2017 Hora: 03:00 Velocidad del viento: 0,51 m/s

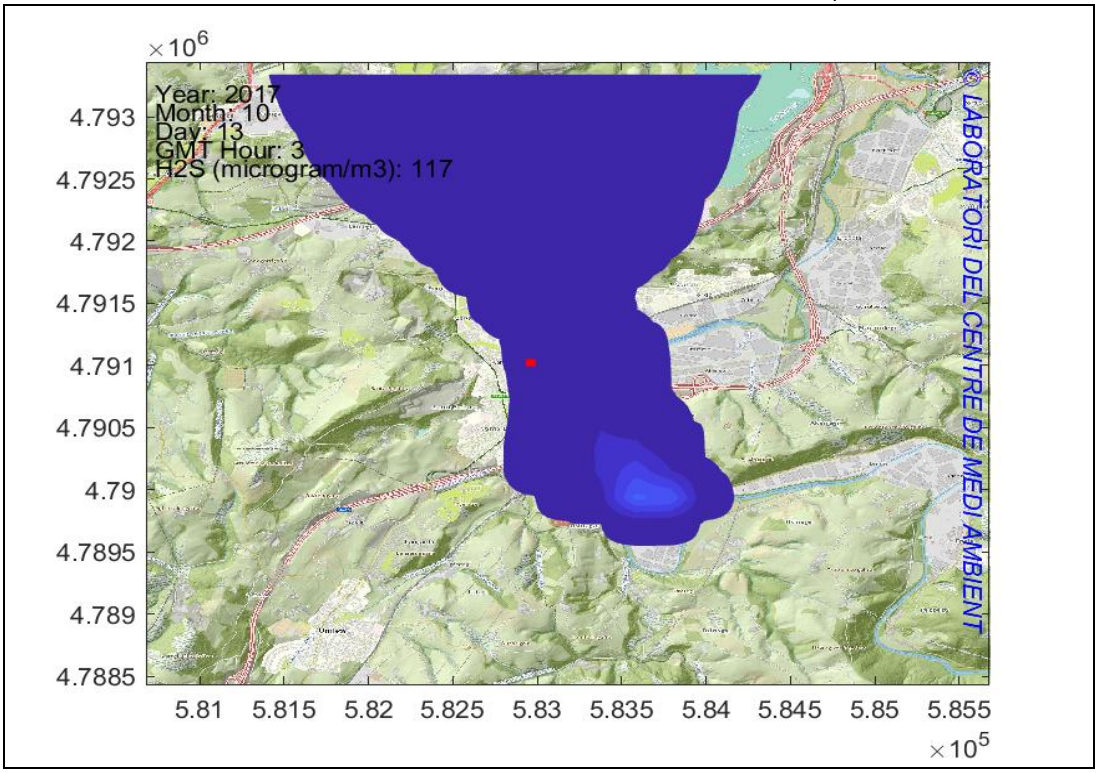


Figura 104. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 13/10/17

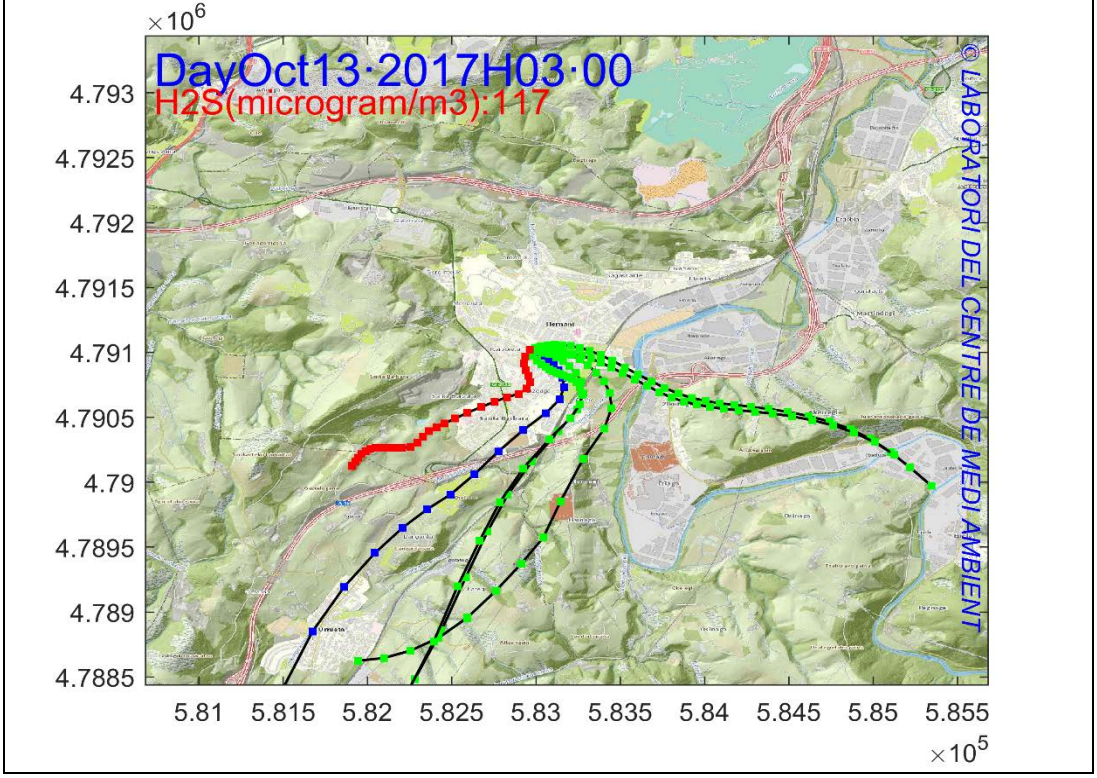


Figura 105. Cálculo retrotrayectoria episodio del 13/10/17

Episodio Nº 17: 112 μg/m³

Fecha: 13/10/2017 Hora: 09:00 Velocidad del viento: 0,73 m/s

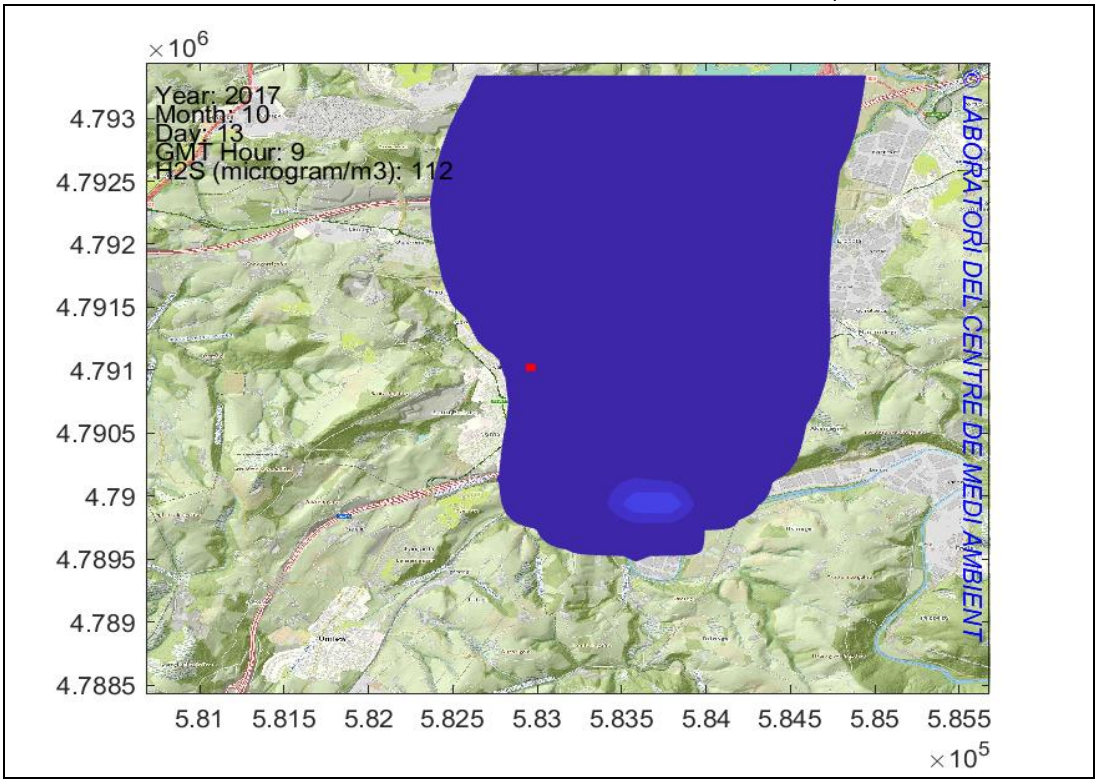


Figura 106. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 13/10 9:00 horas

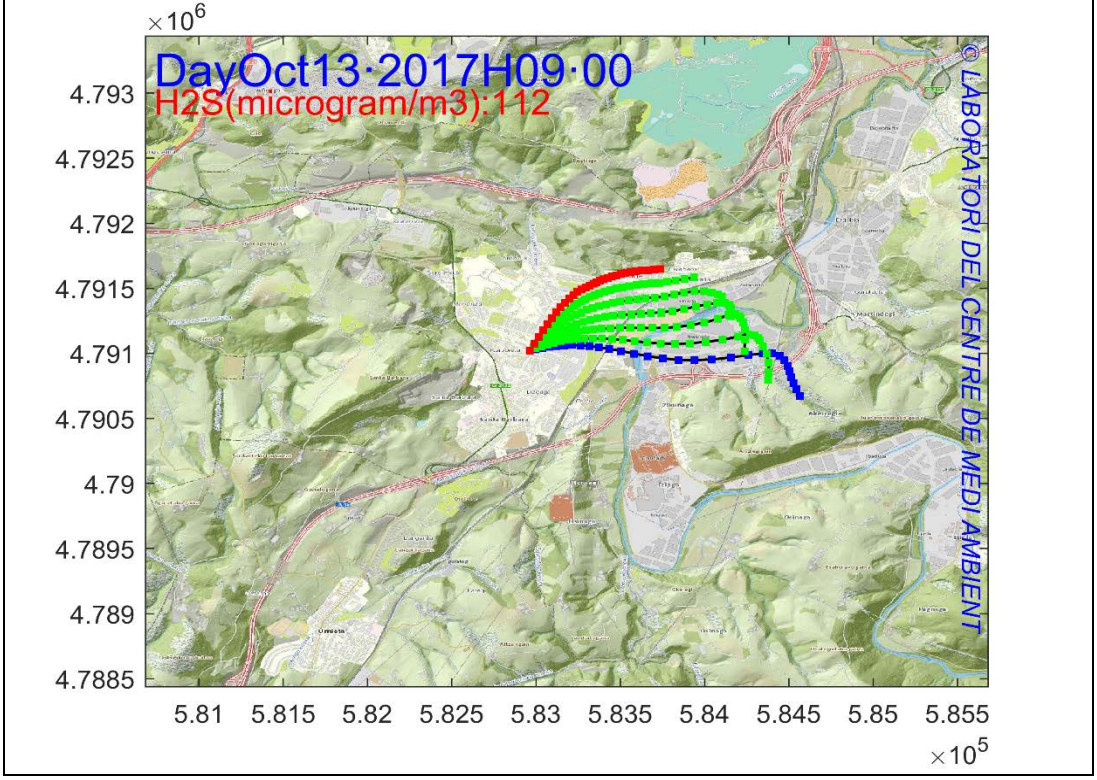


Figura 107. Cálculo retrotrayectoria episodio del 13/10/17

Episodio Nº 18: 109 μg/m³

Fecha: 16/10/2017 Hora: 22:00 Velocidad del viento: 0,81 m/s

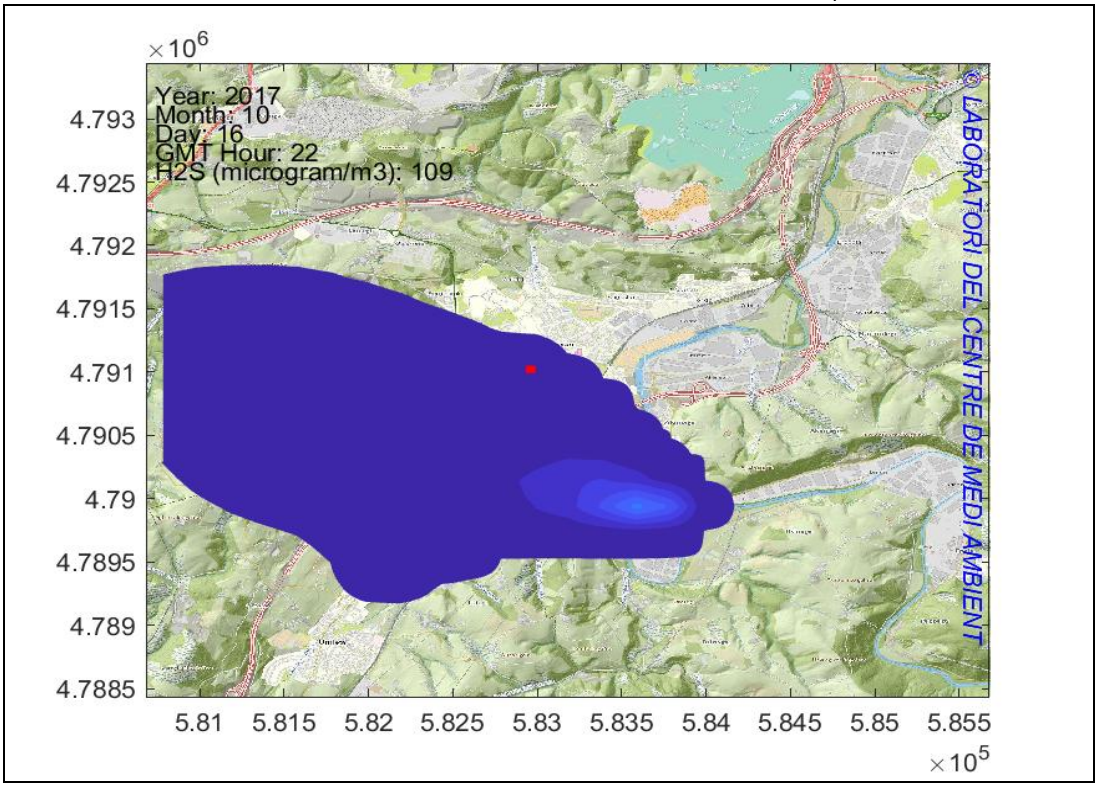


Figura 108. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 16/10/17

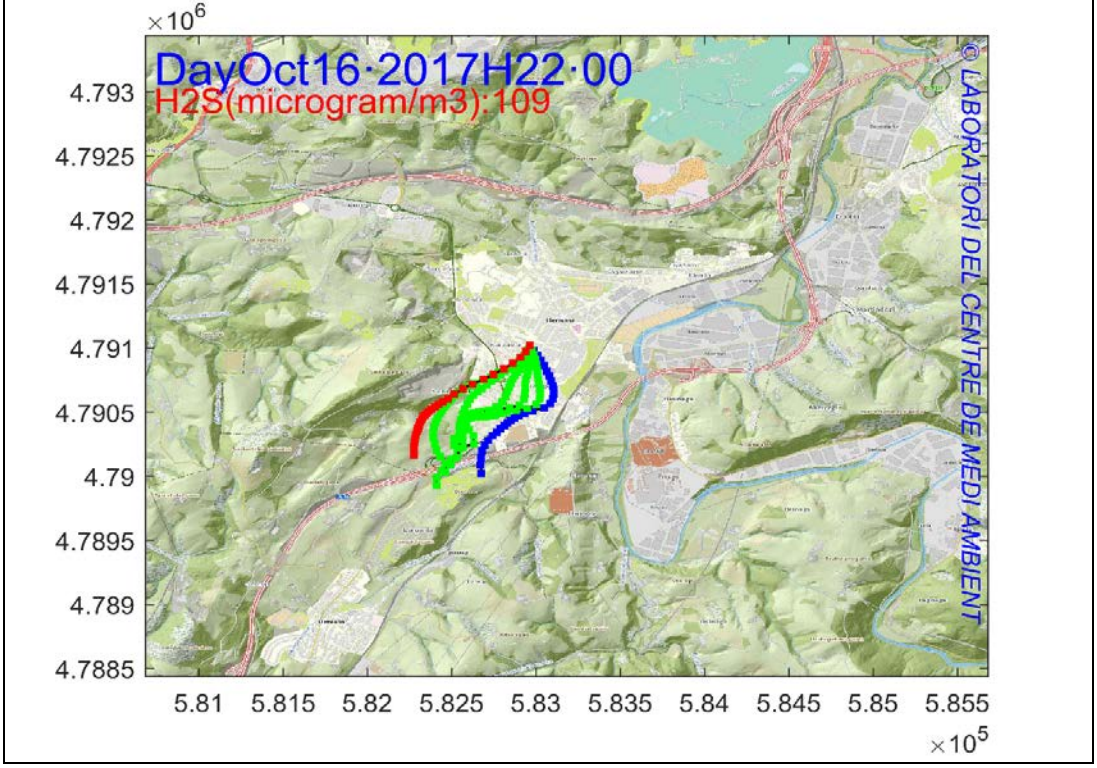


Figura 109. Cálculo retrotrayectoria episodio del 16/10/17

Episodio Nº 19: 90 μg/m³

Fecha: 26/10/2017 Hora: 19:00 Velocidad del viento: 0,26 m/s

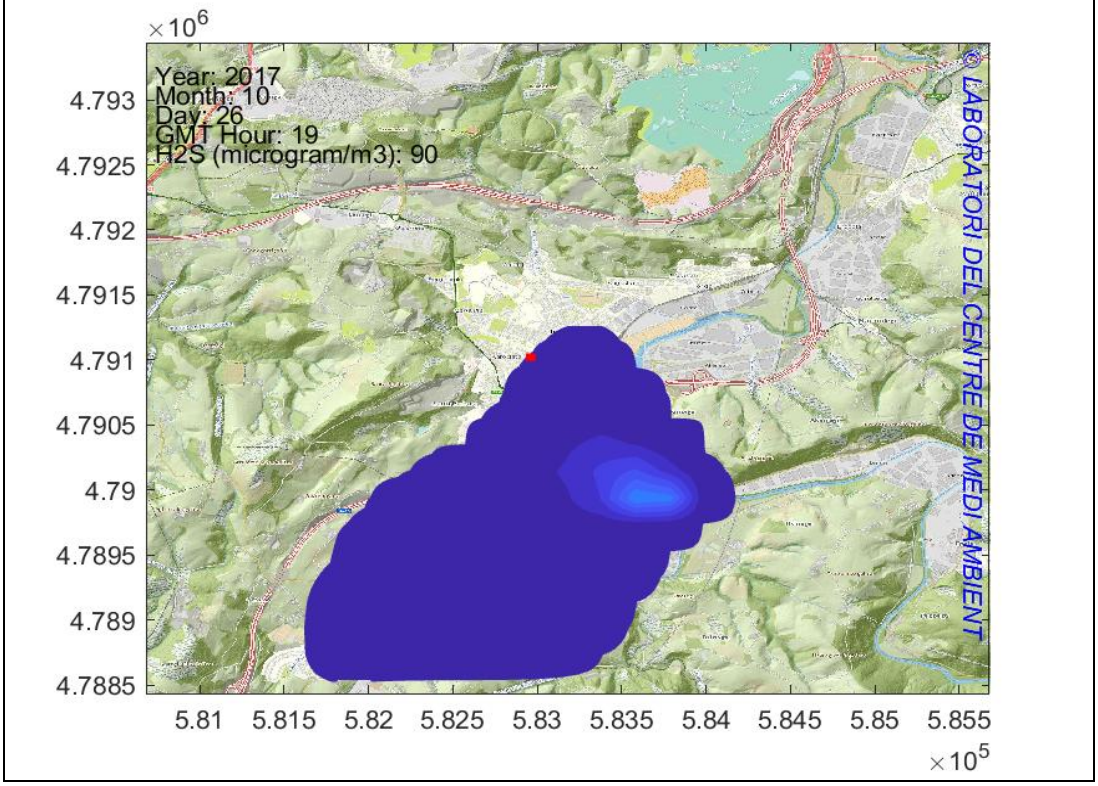


Figura 110. Cálculo penacho planta producción pasta de papel durante el registro del episodio del 26/10/17

Como puede observarse en las anteriores figuras, el 80% de los episodios registrados por la estación de control con concentraciones >80 μg/m^3 pueden tener su origen en la planta de producción de pasta de papel, al impactar el penacho de una supuesta emisión tipo procedente de la planta sobre el punto donde está situada la estación de control de sulfuro de hidrógeno. El 20% restante, donde no se produce el impacto sobre la estación de control, indica la posibilidad de la existencia de otras fuentes emisoras de sulfuro de hidrógeno u otros contaminantes que puedan interferir en el sistema detector de la estación. Debido a las bajas velocidades del viento que se registran en los períodos episódicos no es posible la confirmación de otras fuentes emisoras mediante el cálculo de retrotrayectorias, así mismo, el hecho de no disponer de información de la existencia de focos emisores de sulfuro de hidrógeno procedente de los controles reglamentarios también dificulta este aspecto. Sería necesario obtener dicha información de potenciales actividades existentes en municipios colindantes. De todas formas, la rosa de episodios de concentraciones >80 μg/m^3 (Nº de episodios relacionados con las direcciones del viento durante la detección del episodio) indica el sector SE-SSE (donde se sitúa la planta de fabricación de pasta de papel) como el principal origen de los episodios. La misma rosa de episodios indica también los sectores ENE-E y S-SSW como otros potenciales orígenes de H_2S, y es coincidente con el análisis del impacto de los penachos de emisión procedentes de la planta de fabricación de pasta de papel (nula coincidencia del impacto con el punto donde se sitúa la estación de control, figuras 89, 95, 96 y 103).

6. CRITERIOS DE CALIDAD DEL AIRE UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE INMISIÓN REGISTRADOS

Los criterios de calidad del aire utilizados para la evaluación de los niveles de inmisión registrados en la estación de control de la calidad del aire del Gobierno Vasco en Hernani, han sido los siguientes:

Legislación actual que fijan los criterios de calidad del aire de los contaminantes controlados por la estación de control situada en Hernani:

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmosfera
- Real decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire
- Real decreto 678/2014, de 1 de agosto, por el cual se modifica el Real decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire
- Real decreto 39/2017, de 27 de enero, por el cual se modifica el Real decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire
- Corrección de errores del Real decreto 39/2017, de 27 de enero, por el cual se modifica el Real decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire

Valores límite NO_2 y NOx

Valor límite horario NO_2 : 200 μg/m^3 (no podrán superarse más de 18 veces año)

Valor límite anual NO_2: 40 μg/m^3
Valor de alerta NO_2: 400 μg/m^3 (se supera cuando dicho valor se registra durante tres horas consecutivas)
Nivel crítico NOx: 30 μg/m^3 (expresado como NO_2) valor anual

Valores límite de PM_{10}

Valor límite diario PM_{10} : 50 μg/m^3 (no podrá superarse más de 35 veces al año)
Valor límite anual PM_{10}: 40 μg/m^3

Valores límite de H_2S

Valor límite semi-horario: 100 μg/m^3
Valor límite diario: 40 μg/m^3

Valores límite de SO_2

Valor límite horario : 350 μg/m^3 (no podrá superarse más de 24 veces al año)
Valor límite diario: 125 μg/m^3 (no podrá superarse más de 3 veces al año)
Nivel crítico anual o meses de octubre a marzo : 20 μg/m^3

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan del estudio estadístico de los niveles de inmisión registrados en los últimos años en la estación de control de la calidad del aire del Gobierno Vasco situada en el centro del área urbana de Hernani, el cálculo de retrotrayectorias y las emisiones generadoras de los episodios, son las siguientes:

a) Los niveles de inmisión de SO_2, NO_2 y PM_{10} registrados en la estación de control cumplen los límites de calidad del aire establecidos por la legislación actual. El cumplimiento de la legislación se reduce a la zona de control ya que otras zonas de Hernani (Sorgintxulo, Antziola, Sagastialde, Florida, Portu, Karabel, Zicuñaga) reciben, debido a su proximidad, mayores impactos de las fuentes emisoras (vías de comunicación, actividades industriales). En los informes, nº 1, 2 y 3 se reflejan los impactos de las fuentes emisoras sobre los diferentes puntos del área urbana. Si se observa la superación del umbral de alerta (valor horario) de 400 μg/m^3 de NOx en los años 2015, 2016 y 2017.

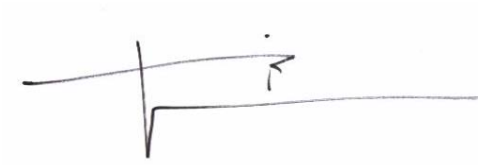
b) Se observa un incremento importante de los niveles de inmisión de sulfuro de hidrógeno en los últimos años, principalmente el año 2017, con la superación de los límites exigidos por la legislación actual en cuanto a valores semi-horarios y diarios. En 23 ocasiones se supera el criterio semi-horario de 100 μg/m^3 (los valores de sulfuro de hidrógeno se expresan en valores horarios en la estación de control, entendiendo por lo tanto que si se superan los valores horarios con más razón se superan los semi-horarios, incrementándose por tanto el número de superaciones). Tanto en el año 2016 como en el 2017 se registra una superación del valor límite diario de 40 μg/m^3 con un valor máximo de 281 μg/m^3. En el 2017

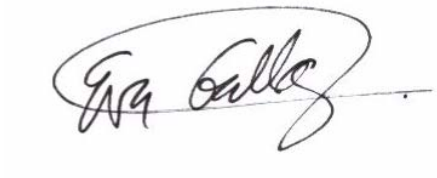
se registraron 206 episodios con niveles de concentración superiores a los 30 $\mu g/m^3$.

Como se ha comentado en el punto anterior, las superaciones de sulfuro de hidrógeno se refieren a la zona de impacto donde se sitúa la estación de control. Para conocer el impacto real en otras zonas con mayor impacto (Portu, Zicuñaga, Karabel, Florida) sería necesario realizar un programa de control químico en estas zonas.

c) Una amplia mayoría (80%) de los episodios de sulfuro de hidrógeno y en especial los de concentración superior a los 80 $\mu g/m^3$ se detectan en un primer nivel de análisis con la concurrencia de bajas velocidades del viento y el sector origen SE-SSE de dirección del viento, donde está situada la actividad de producción de pasta de papel respecto al punto de control. El 20% restante se sitúan en los sectores ENE-E y S-SSW. La elaboración de la simulación de los penachos (como alternativa al cálculo de retrotrayectorias cuya efectividad en la determinación del origen se reduce en situaciones de velocidades muy bajas) con origen en la planta de producción de pasta de papel indica el mismo resultado. Para este 20 % no hay información de actividades con emisión de compuestos de azufre situadas en estos sectores. Más del 90% de los episodios se producen en el período de las 19:00 a las 08:00 horas correspondiendo al período cuyas condiciones meteorológicas pueden favorecer la generación de episodios generados por emisiones (baja uniformidad y velocidades del viento, ausencia de radiación solar,…).

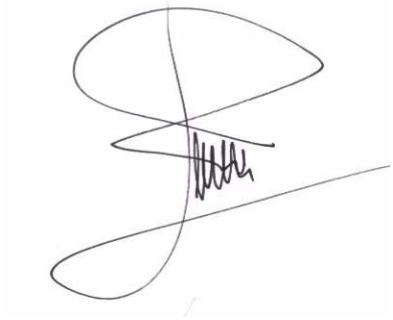
d) Para una mayor representatividad del índice de la calidad del aire sería necesario determinar los niveles de concentración de ozono, especialmente en aquellas zonas del área urbana donde se han detectado niveles elevados de compuestos orgánicos volátiles. No podemos hablar de niveles genéricos de la calidad del aire en áreas urbanas si solo se conocen los niveles de concentración de un reducido número de contaminantes y si estos se determinan en un solo punto. Las condiciones meteorológicas y la situación de las actividades emisoras en Hernani exigen controles en diferentes puntos del área urbana para disponer de datos representativos para la realización de una valoración real de la calidad del aire.





José Francisco Perales
Dr. Ingeniería Industrial

Eva Gallego Piñol
Dra. Ciencias Ambientales



Fco. Javier Roca
Dr. Ingeniería Industrial