

10. PROYECTO EJECUTIVO**10.10 DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS****10.10.132 ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS**

Secretaría de
Comunicaciones y
Transportes
Dirección General de Transporte
Ferroviario y Multimodal

ELABORACIÓN DE LOS "ESTUDIOS DE PRE-INVERSIÓN, RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, FINANCIERA, LEGAL Y AMBIENTAL, ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO, ANTEPROYECTO Y PROYECTO EJECUTIVO PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS EN LA MODALIDAD DE TREN LIGERO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ZAPOPAN, GUADALAJARA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO

10. PROYECTO EJECUTIVO

10.10 DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

NUMERO DE CONTRATO: DGTFM-21-12

NOMBRE DEL CONTRATO: Elaboración de los estudios de pre-inversión, relacionados con el análisis de factibilidad técnica, económica, financiera, legal y ambiental, análisis costo-beneficio, anteproyecto y proyecto ejecutivo para el servicio de transporte masivo de pasajeros en la modalidad de tren ligero entre los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco.

TITULO DE DOCUMENTO: ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS.



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Tránsito y Transportes SC

10. PROYECTO EJECUTIVO

10.10 DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

ENTREGA FINAL PROYECTO EJECUTIVO

10. PROYECTO EJECUTIVO

10.10 DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

	Nombre	
Autorizado SCT - DGTFM	Lic. Roberto Chico Perez Director General Adjunto de Regulación Económica	
Revisado SCT - DGTFM	Lic. Cecilia Loaiza Cisneros Jefe del Departamento de Finanzas y Fideicomisos de proyectos Ferroviarios	
Realizado por: SENERMEX Ingeniería y Sistemas S.A. de C.V	Ing. Cesar Quevedo Galvan Director de Proyecto	
Realizado por: TRANSCONSULT Consultoría en Tránsito y Transporte S.C.	Ing. Gregory Narce Gerente de Estudios de Movilidad y Mercado	



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Tránsito y Transportes SC

10. PROYECTO EJECUTIVO

10.10 DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

6

10. PROYECTO EJECUTIVO

10.10 DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

1. **INTRODUCCIÓN**

En el presente documento se presenta los trabajos asociados al Estudio de Ventilación y Control de Humos del Metro Ligero del Corredor Diagonal de Guadalajara.

Este Documento está conformado por los siguientes documentos técnicos:

- DGTFM2112-ME-B00-ENVEN-00100 Estudio ventilación y control de humos



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Tránsito y Transportes SC

10. PROYECTO EJECUTIVO

10.10 DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

DGTFM2112-ME-B00-ENVEN-00100

Estudio Ventilación y Control de Humos

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Secretaría de
Comunicaciones y
Transportes
Dirección General de Transporte
Ferroviario y Multimodal
14/08/2013

ELABORACIÓN DE LOS "ESTUDIOS DE PRE-INVERSIÓN, RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, FINANCIERA, LEGAL Y AMBIENTAL, ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO, ANTEPROYECTO Y PROYECTO EJECUTIVO PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS EN LA MODALIDAD DE TREN LIGERO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ZAPOPAN, GUADALAJARA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	4
2. OBJETO	5
3. OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MAYOR	6
4. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	7
5. DATOS DE ENTRADA E HIPOTESIS DE DISEÑO	8
5.1. CARACTERÍSTICAS DEL TÚNEL.	8
5.2. CONDICIONES EXTERIORES	8
5.3. POTENCIA DE INCENDIO	8
6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	10
6.1. POZOS DE VENTILACIÓN	10
6.2. JETFANS EN TÚNEL	10
7. SIMULACIONES COMPUTACIONALES	12
7.1. OBJETO	12
7.2. ESCENARIOS DE INCENDIO ANALIZADOS	12
7.3. METODOLOGÍA	14
7.4. INCENDIO EN TÚNEL: SIMULACIONES TRIDIMENSIONALES CFD	17
7.4.1. ESCENARIO 3: ALCALDE – CATEDRAL	17
7.4.2. ESCENARIO 11: INDEPENDENCIA SUR – PLAZA DE LA BANDERA	22
7.4.3. ESCENARIO 13 – TRINCHERA NORTE-NORMAL	26



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Transito y Transportes SC

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

7.4.5. ANALISIS HIDRÁULICO DE LA ESTACIÓN	33
7.4.6. CONCLUSIONES OBTENIDAS	37
7.5. INCENDIO EN TÚNEL: SIMULACIONES UNIDIMENSIONALES	37
7.6. INCENDIO DE UN TREN EN ESTACIÓN	50

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

1. ANTECEDENTES

La Zona Metropolitana de Guadalajara con el incremento demográfico que se tiene, requiere de un sistema de transporte masivo como es el de contar con una nueva línea de tren ligero, que se integre a las líneas 1 (19 estaciones, longitud de servicio 15.5 Km con 6.6 Km tramo subterráneo) y línea 2 (10 estaciones, longitud de servicio 9.6 Km en tramo subterráneo) existentes.

Para la nueva línea del Corredor Diagonal de Guadalajara en su tramo subterráneo en túnel que comprende estaciones e interestaciones, es necesario se tenga un sistema de ventilación mecánica de inyección y extracción para el servicio normal, y para el servicio de emergencia para la evacuación y control de humos en caso de presentarse un incendio.



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Transito y Transportes SC

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

2. OBJETO

El objeto de este documento es determinar las necesidades del sistema de ventilación del tramo subterráneo del Metro ligero de Guadalajara. Este documento complementa al *"10.10.134. Proyecto definitivo de los sistemas electromecánicos. Anexo 9-Ventilacion"*

3. OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MAYOR

En el tramo subterráneo en túnel, como cualquier otro espacio confinado, los incendios tienen una peligrosidad mayor que al aire libre. Las estrategias de evacuación de los usuarios en caso de incendio deben establecerse sobre la base de la previsión de la evolución del humo en cada caso en particular y el control que se pueda ejercer sobre éstos a través de los sistemas de ventilación.

En caso de que un tren empiece a incendiarse en túnel, la consigna operativa deberá indicar que el tren llegue a la estación más próxima, ya que la evacuación de los pasajeros será más rápida con lo cual se facilita el acceso de los servicios de emergencia.

En caso de que esto no sea posible y el tren incendiado quedase detenido entre dos estaciones, los equipos colocados en los pozos de ambos extremos de cada una de las estaciones arrastraran los humos completamente hacia uno de los dos sentidos disponibles, asegurando una ruta de libre de humos desde el foco del incendio hasta una de las dos estaciones. Para ello se requiere que todos los ventiladores axiales sean reversibles.

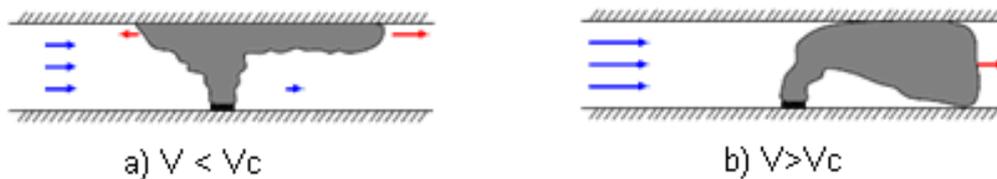
4. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

El criterio principal para dimensionar correctamente la ventilación en caso de incendio es asegurar que la velocidad de la corriente de aire generada a través del túnel es suficiente para arrastrar completamente los humos generados en un incendio, evitando así su retroceso en contra de la corriente de aire debido a su flotabilidad (efecto “backlayering”).

Según criterio de la NFPA130, esa velocidad se denomina velocidad crítica (V_c) y depende principalmente de la geometría de la sección transversal, de la pendiente del túnel y de la potencia del incendio considerado.

De forma esquemática:

- a) Si V ventilación $< V$ crítica - > sí hay humo aguas arriba del incendio.
- b) Si V ventilación $> V$ crítica - > no hay humo aguas arriba del incendio.



Esta velocidad crítica se deberá mantener por lo menos por un periodo de 1 hora a partir de la detección del incendio

5. DATOS DE ENTRADA E HIPOTESIS DE DISEÑO

5.1. CARACTERÍSTICAS DEL TÚNEL.

Datos sección tipo en túnel

Área libre máxima	58.025 m ²
Altura disponible del túnel	7.316 m

Sección Trinchera Exterior – Normal

Área libre máxima	84.33 m ²
Altura disponible del túnel	7.21 m

Sección trinchera Plaza de la Bandera – Exterior

Área libre máxima	63.70 m ²
Altura disponible del túnel	7.21 m

5.2. CONDICIONES EXTERIORES

Temperatura exterior:	33°C
Densidad aire ambiente:	0,97Kg/m ³

5.3. POTENCIA DE INCENDIO

La potencia de incendio a considerar en el dimensionamiento del sistema de ventilación de túnel depende de las características del material rodante. Como actualmente no se dispone de este input del material rodante, se considera para el dimensionamiento del sistema de ventilación una potencia de incendio máxima de 15MW.

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Esta potencia de incendio esta especificada en el documento *“European Thematic Network Fire in Tunnels – Technical report part 1. Design Fire scenarios”* en el apartado correspondiente a infraestructuras de Metro.

“For numerical calculations addressing the propagation of smoke and toxic gases, appropriate production rates for these products must also be specified together with a time dependent heat release rate. Without further knowledge and experimental evidence, when regarding a modern metro carriage fullfilling the EN 45545 or DIN 5510 a linear increase of the heat release rate to 6 MW after a fire duration of 30 minutes and a further increase to 15 MW after a fire duration of 60 minutes may be a practical choice.”

El dimensionamiento del sistema de ventilación de túnel se realizará para una potencia máxima de incendio de 15MW, por lo que el material móvil deberá asegurar que no se supera dicho valor cumpliendo con la normativa “EN 45545-2: Fire Test To Railway Component European Standard”.

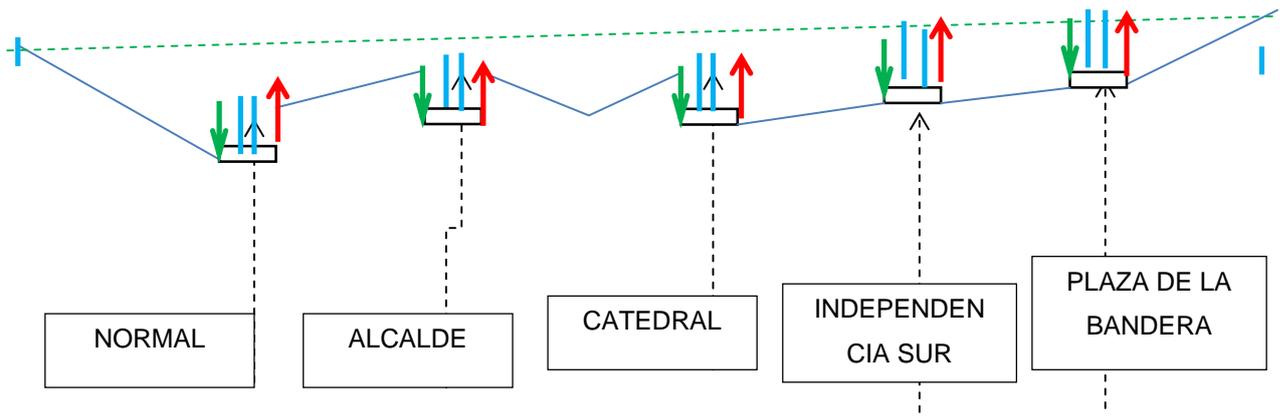
También se tiene en cuenta en el dimensionamiento que parte de la potencia de incendio se invierte en el calentamiento de las paredes del túnel por radiación, Se considera que el calor transmitido directamente al aire es un 70% de la potencia total del incendio.

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

6.1. POZOS DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación deberá cuenta con pozos de ventilación ubicados en las cabeceras de cada estación subterránea, lo más cercano a la frontera de estación y túnel, equipados con ventiladores axiales reversibles, compuertas de cierre y silenciadores.

Para generar el movimiento del aire por el túnel, cada tramo entre estaciones deberá contar con un pozo en modo inyección y un pozo en modo extracción, ubicados en las cabeceras de las estaciones que lo conforman.



Los pozos localizados en el extremo de inter tramo no operarán en el mismo modo, siempre deberá operar uno en inyección otro en extracción. La velocidad del aire máxima en el pozo de ventilación no deberá exceder los 10 m/s.

6.2. JETFANS EN TÚNEL

Los ventiladores de tipo jetfan, operan dentro del túnel, y su principal función es el poder disminuir las cargas ocasionadas por el sistema, y de esta manera mantener la velocidad del aire permitida dentro del pozo de ventilación.

Los jetfan están preparados para trasegar humo a altas temperaturas, al igual que los ventiladores axiales de los pozos de ventilación, Sin embargo, al situarse estos últimos dentro del propio túnel, en

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

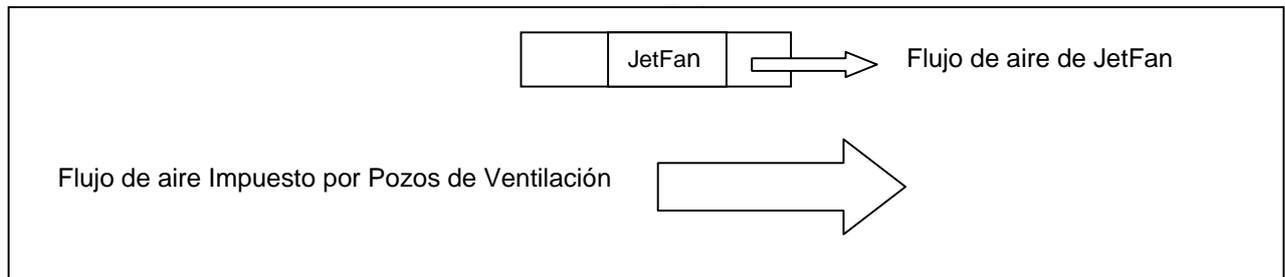
caso de que el incendio se localice en las proximidades de un jetfan las altas temperaturas que se alcanzan en el foco del incendio podrían dejar el equipo totalmente inutilizable.

Por este motivo en cada tramo de túnel, entre estaciones se ha colocado un jetfan (o grupo de jetfan) en las proximidades de cada estación, de modo que en caso de incendio se activará el jetfan (o grupo de jetfans) más alejados del incendio.

En la ubicación de cada uno de los jetfans se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Distancia mínima de 150 metros entre jetfan y estación
- Distancia mínima de 100 metros entre jetfans consecutivos

El sentido del flujo de aire de los jetfan deberá coincidir con el impuesto por los pozos de ventilación.



7. SIMULACIONES COMPUTACIONALES

7.1. OBJETO

En este capítulo se presenta un análisis del comportamiento del aire causado por el sistema de ventilación mayor que se empleará en el túnel de tramo subterráneo del metro de Guadalajara.

El sistema de ventilación mayor debe ser capaz de transportar el aire y emisión de humo en caso de incendio. Para ello se describe el comportamiento del aire en el tramo subterráneo empleando una simulación numérica que permitirá observar los vectores de desplazamiento de aire, magnitud de velocidad y transporte de humo en un modelo computacional del metro de Guadalajara empleando el programa ANSYS-FLUENT.

7.2. ESCENARIOS DE INCENDIO ANALIZADOS

ESCENARIO 1: Normal – Alcalde
Posición del incendio: PK 10+100
Sentido arrastre humos: hacia Normal

ESCENARIO 2: Normal – Alcalde
Posición del incendio: PK 10+100
Sentido arrastre humos: hacia Alcalde

ESCENARIO 3: Alcalde – Catedral
Posición del incendio: PK 10+600
Sentido arrastre humos: hacia Alcalde

ESCENARIO 4: Alcalde – Catedral
Posición del incendio: PK 10+600
Sentido arrastre humos: hacia Catedral

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 5: Alcalde – Catedral

Posición del incendio: PK 11+100

Sentido arrastre humos: hacia Alcalde

ESCENARIO 6: Alcalde – Catedral

Posición del incendio: PK 11+100

Sentido arrastre humos: hacia Catedral

ESCENARIO 7: Catedral – Independencia Sur

Posición del incendio: PK 11+500

Sentido arrastre humos: hacia Catedral

ESCENARIO 8: Catedral – Independencia Sur

Posición del incendio: PK 11+500

Sentido arrastre humos: hacia Independencia

ESCENARIO 9: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 12+200

Sentido arrastre humos: hacia Independencia Sur

ESCENARIO 10: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 12+200

Sentido arrastre humos: hacia Plaza de la Bandera

ESCENARIO 11: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 13+200

Sentido arrastre humos: hacia Independencia

ESCENARIO 12: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 13+200

Sentido arrastre humos: hacia Plaza de la Bandera

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 13: Exterior – Normal
Posición del incendio: PK 0+800
Sentido arrastre humos: hacia exterior

ESCENARIO 14: Plaza de la Bandera – Exterior
Posición del incendio: PK 13+700
Sentido arrastre humos: hacia exterior

7.3. METODOLOGÍA

Se va a analizar mediante simulaciones tridimensionales CFD la efectividad del sistema de ventilación de túnel en diferentes configuraciones, modo push-pull, apoyo por un tercer pozo de ventilación, interacción con las estaciones...etc. A partir de los resultados observados en estas simulaciones se decidirá la configuración idónea para el sistema de ventilación de túnel para el Metro Ligero de Guadalajara.

Dado el coste computacional de las simulaciones tridimensionales CFD, se han analizado únicamente cuatro escenarios de incendio, con el fin de aplicar posteriormente las conclusiones obtenidas a un modelo 1-dimensional para la simulación del resto de escenarios de incendio. Los escenarios analizados mediante simulaciones CFD han sido las siguientes:

ESCENARIO 3: Alcalde – Catedral
Posición del incendio: PK 10+600
Sentido arrastre humos: hacia Alcalde

ESCENARIO 11: Independencia Sur – Plaza de la Bandera
Posición del incendio: PK 13+200
Sentido arrastre humos: hacia Independencia

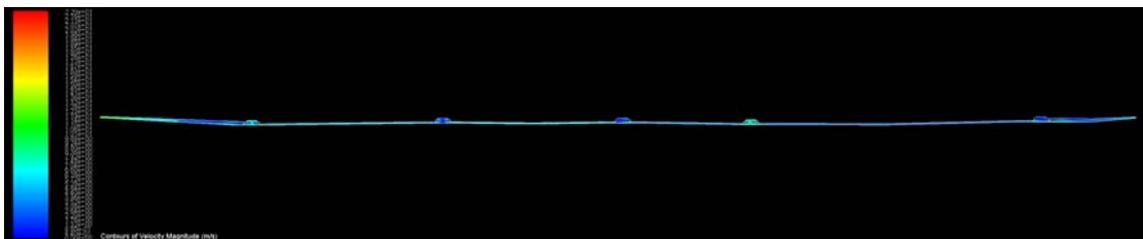
ESCENARIO 13: Exterior – Normal
Posición del incendio: PK 0+800
Sentido arrastre humos: hacia exterior

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

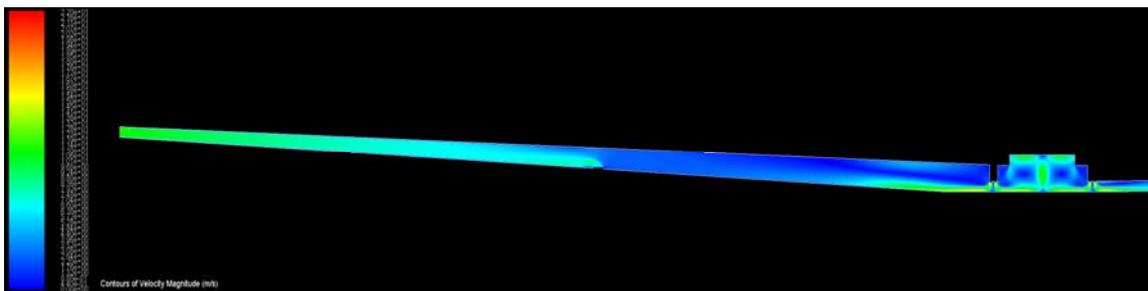
ESCENARIO 14: Plaza de la Bandera – Exterior

Posición del incendio: PK 13+700

Sentido arrastre humos: hacia exterior



Contornos de distribución de velocidad a lo largo del tramo subterráneo



Magnitudes de velocidad, acercamiento a la Trinchera o entrada a túnel

En el acercamiento mostrado en la figura anterior se observa que la magnitud de la velocidad del aire se incrementa ya que la geometría tiene una disminución en su área de sección transversal. Al reducirse ésta área la velocidad del aire tiende a elevarse.

Indica valores negativos de velocidad, lo que quiere decir que el aire está siendo inyectado por la estación y sale por la izquierda. El acercamiento permite la observación de la distribución de velocidad del aire dentro de la estación. Se observa que el aire sale por los accesos de pasajeros, los cuales se encuentran localizados en la parte superior de la estación. Lo mismo sucede con el otro par de ventiladores.

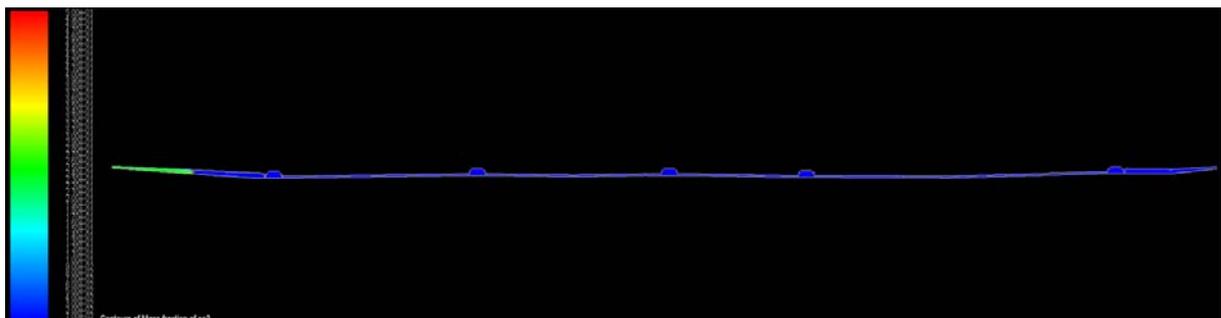
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Otro tramo inter-estación se muestra en la figura siguiente, donde se observan las dos estaciones y el tramo de túnel. En este caso la estación de la izquierda (estación Normal) se encuentra en modalidad de inyección y la de la derecha (estación Alcalde) en extracción.



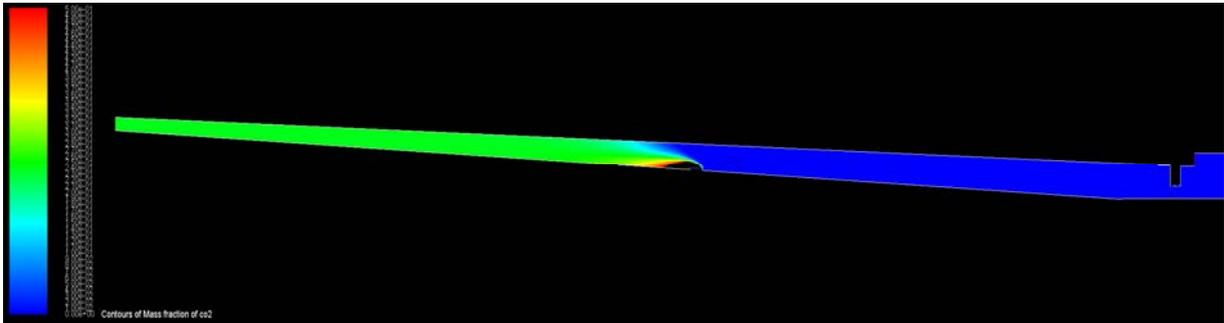
Contornos de distribución de velocidad a lo largo del túnel. Se observan las dos estaciones, la de la izquierda está en modalidad de inyección y la de la izquierda en extracción

En este modelo se ha incluido la emisión de humos causada por un incendio hipotético en PK 09+055 que va aumentando conforme al tiempo. Se observa que el humo es desplazado hacia la izquierda y sale por la trinchera. La configuración no permite que el humo se dirija hacia la estación de pasajeros (estación Normal).



Contornos de distribución del transporte de humos. Fracción de CO2 a lo largo del túnel.

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Acercamiento -Contornos de distribución del transporte de humos. Fracción de CO₂ a lo largo del túnel. Incendio en PK 09+055.

7.4. INCENDIO EN TÚNEL: SIMULACIONES TRIDIMENSIONALES CFD

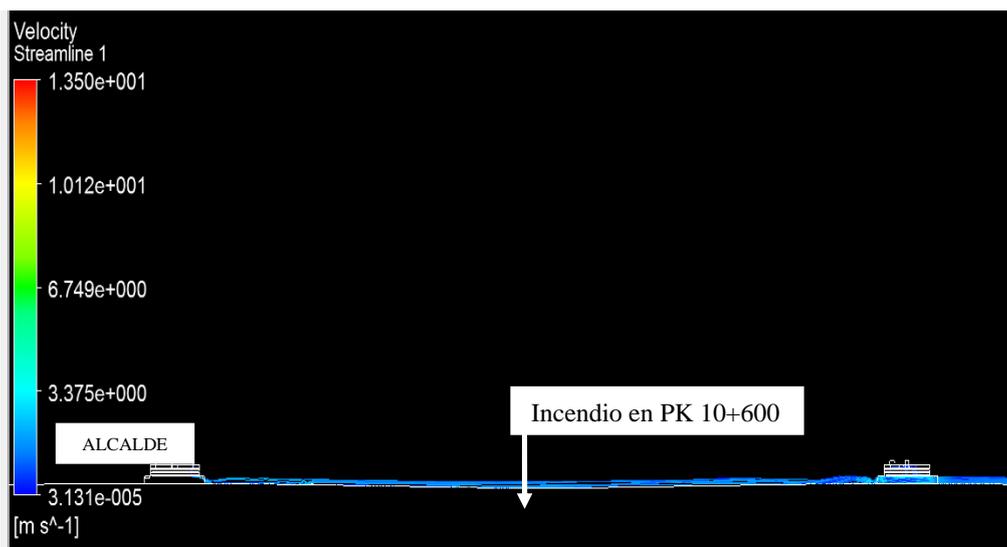
7.4.1. ESCENARIO 3: ALCALDE – CATEDRAL

Posición del incendio: PK 10+600

Sentido de arrastre de humos: Hacia Alcalde

Actuación ventilación: PV4: 230m³/s (Extracción) – PV5: 230m³/s (Impulsión)

Poso de extracción de humo: 230m³/s (Extracción)

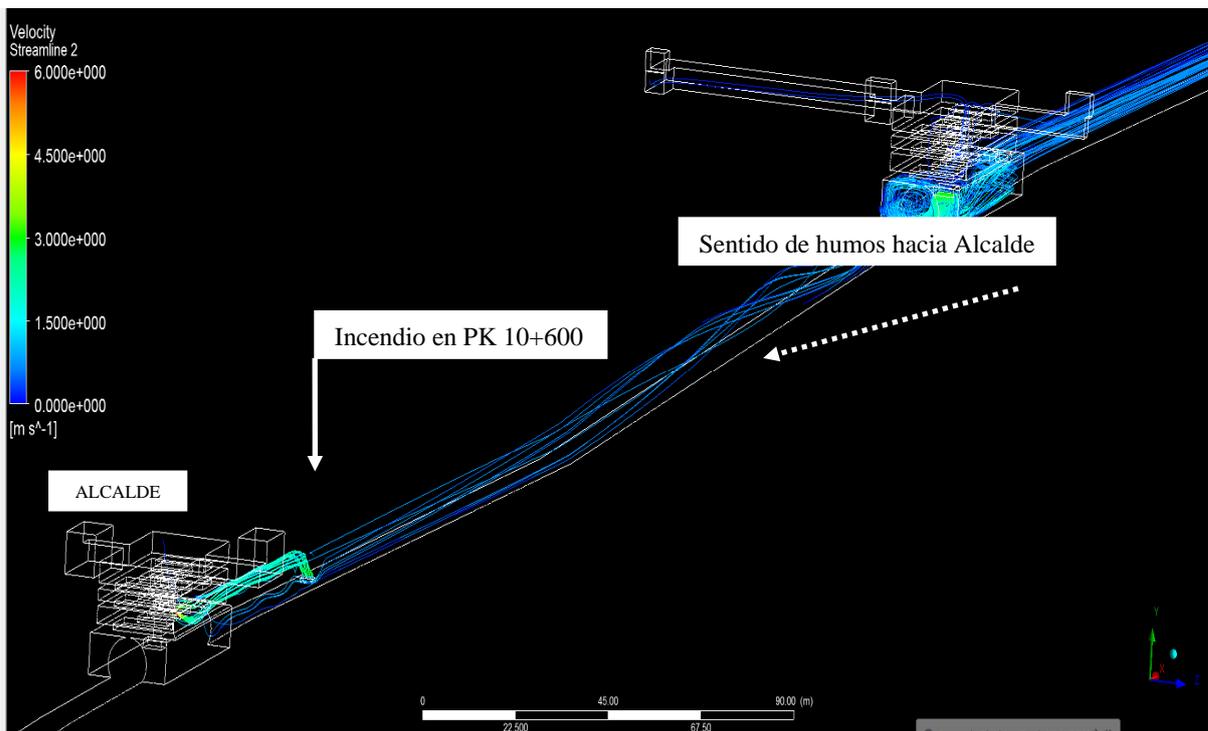


Distribución líneas de flujo con incendio en el PK10+600 con sentido de arrastre de humos hacia Alcalde

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

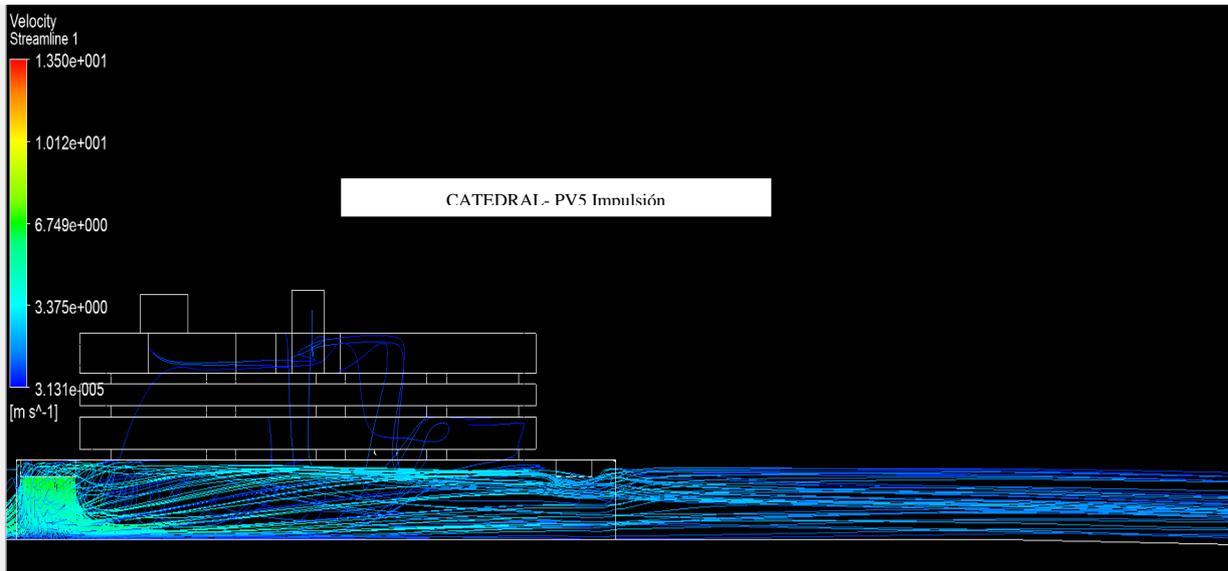


Distribución líneas de flujo con incendio en el PK10+600 con sentido de arrastre de humos hacia Alcalde

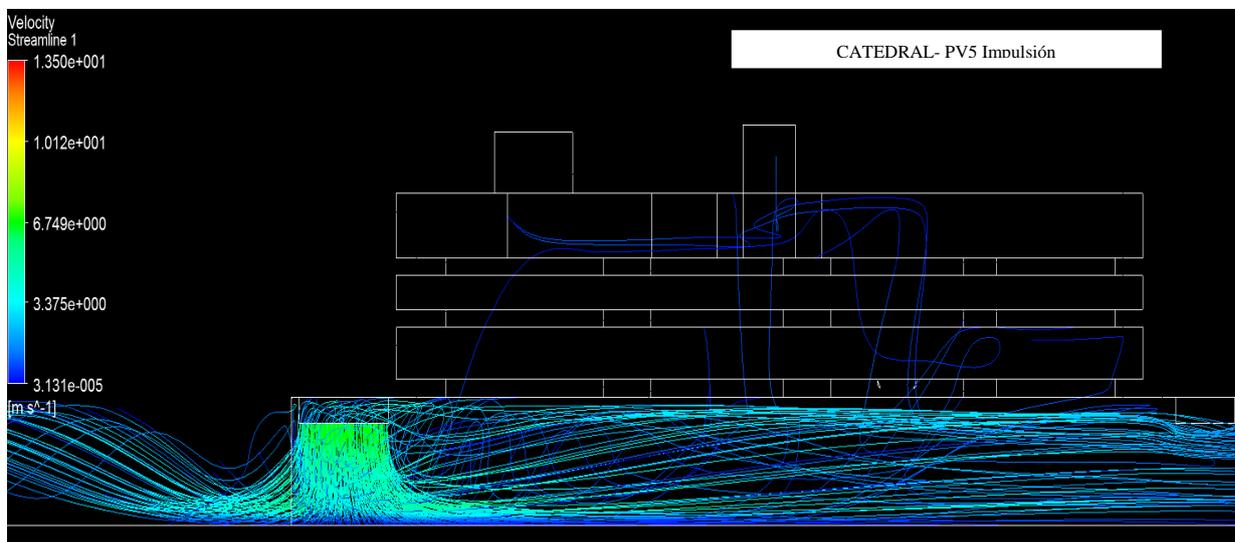


Vista isométrica del tramo Alcalde – Cathedral con incendio en PK 10+600, se tiene la impulsión en Cathedral y la extracción en Alcalde

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

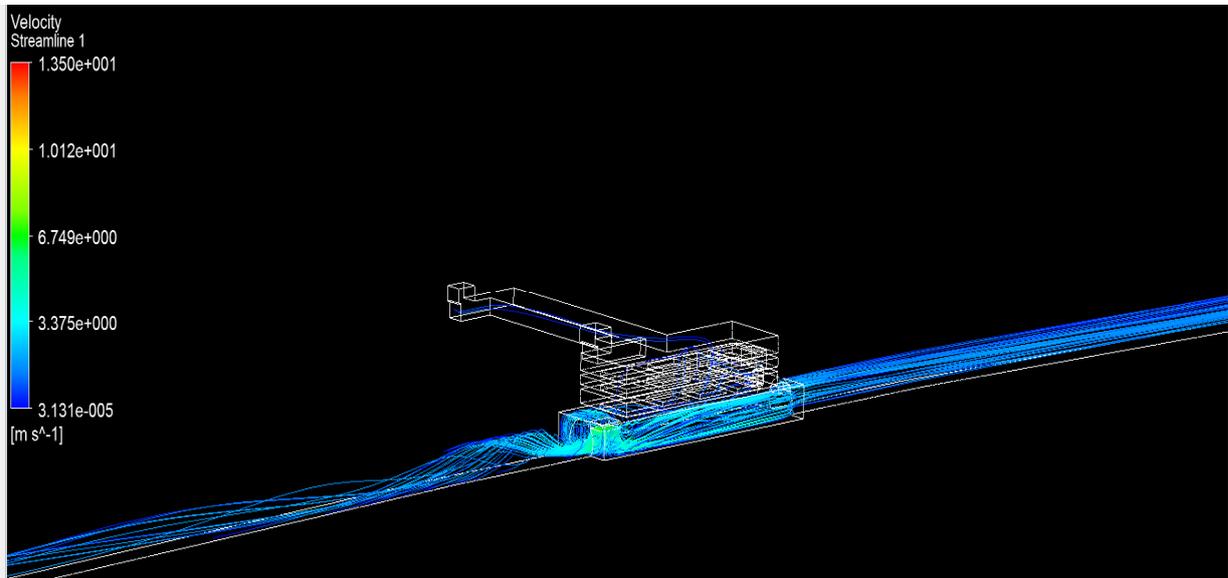


Vista lateral de las líneas de velocidad de flujo en la estación Catedral, en donde se impulsan 230m³/s

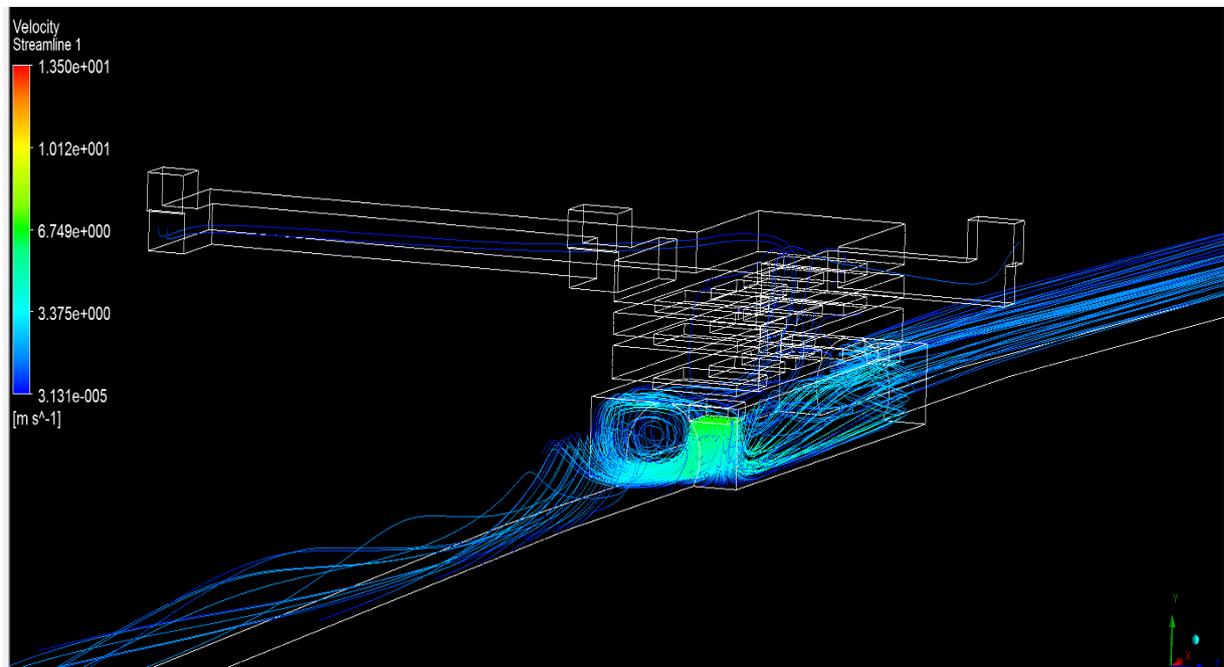


Vista lateral de las líneas de velocidad de flujo en la estación Catedral, en donde se impulsan 230m³/s

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

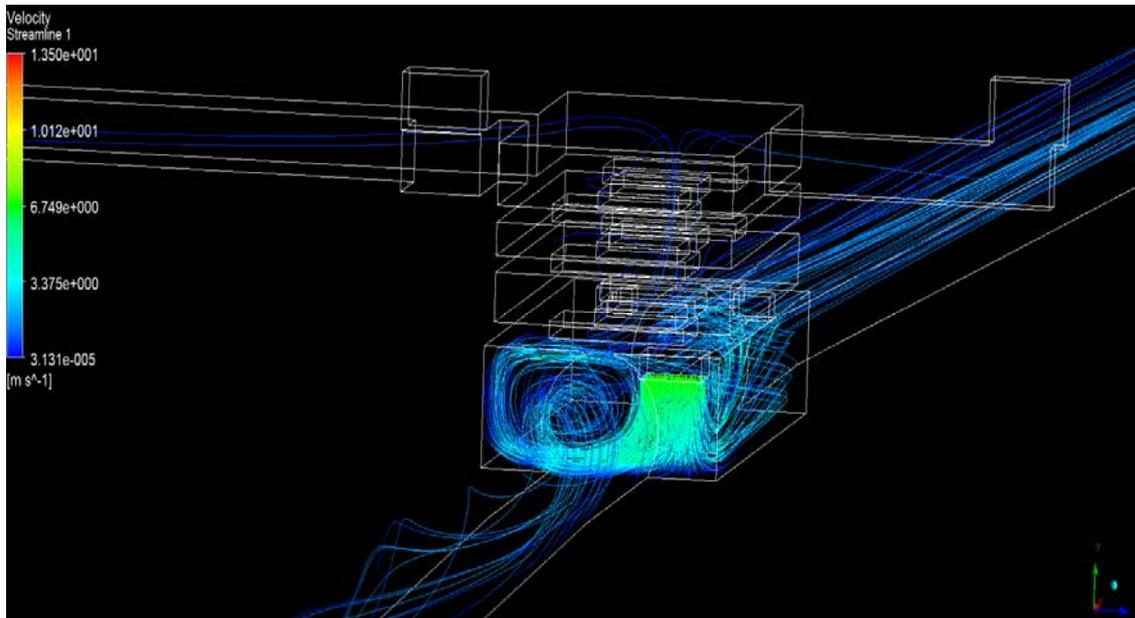


Acercamiento – Vista isométrica de la distribución de las líneas de flujo dentro de la estación Catedral

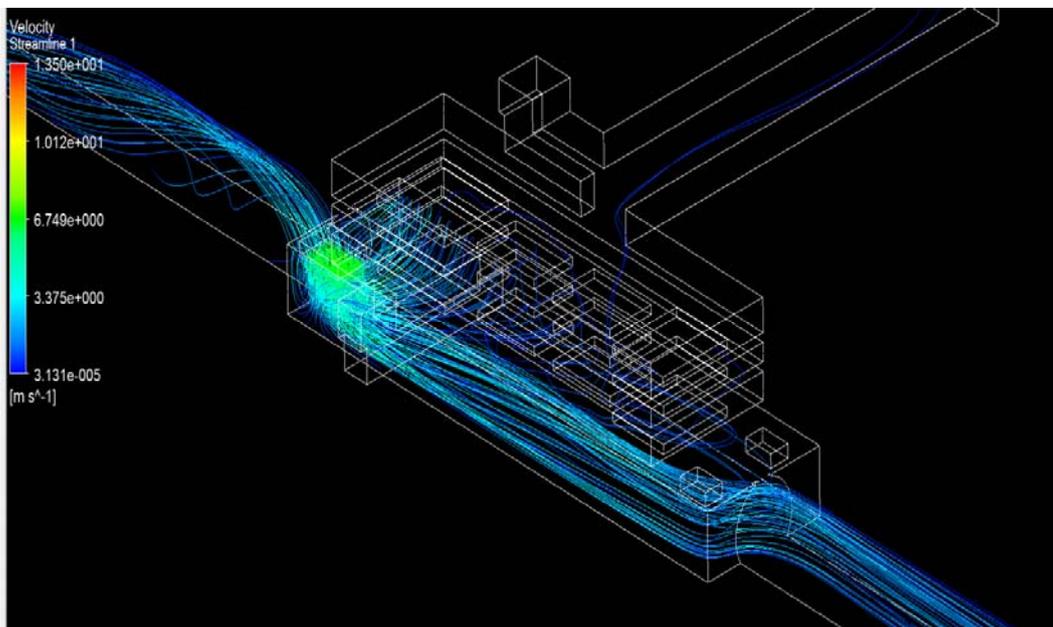


Acercamiento – Vista isométrica de la distribución de las líneas de flujo dentro de la estación Catedral

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

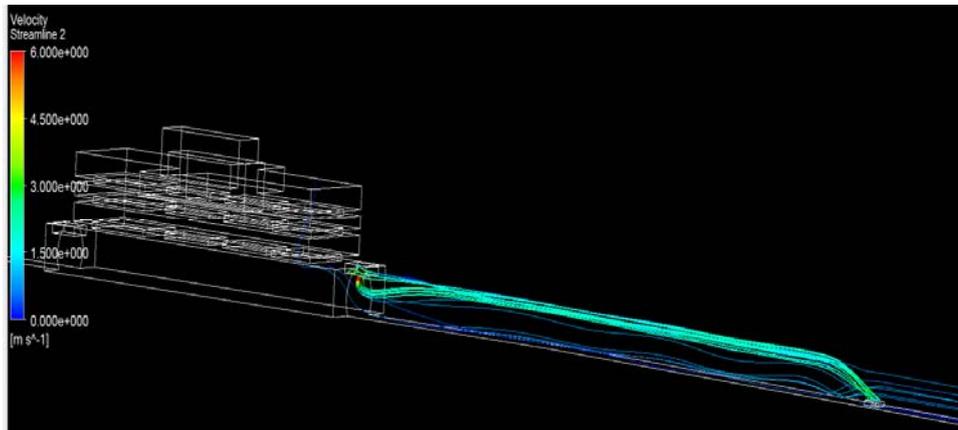


Acercamiento – Vista isométrica de la distribución de las líneas de flujo dentro de la estación Cathedral



Vista isométrica opuesta de la distribución de las líneas de flujo dentro de la estación Cathedral

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Acercamiento a la estación Alcalde, distribución de las líneas de velocidad cuando el incendio se encuentra en PK 10+600

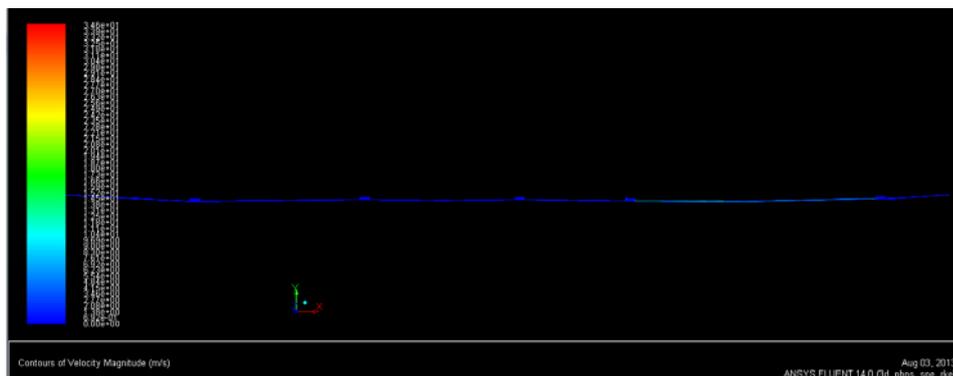
7.4.2. ESCENARIO 11: INDEPENDENCIA SUR – PLAZA DE LA BANDERA

Posición del incendio: PK 13+200

Sentido de arrastre de humos: Hacia Independencia Sur

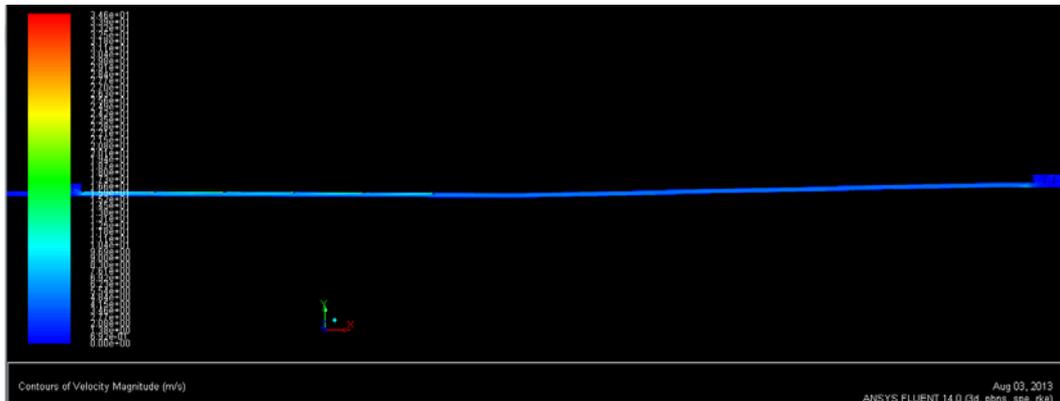
Actuación ventilación: PV7: 250m³/s (Extracción) – PV8: 250m³/s (Extracción) – PV9: 250m³/s (Impulsión)

Pozo de extracción de humo: 250m³/s (Extracción)

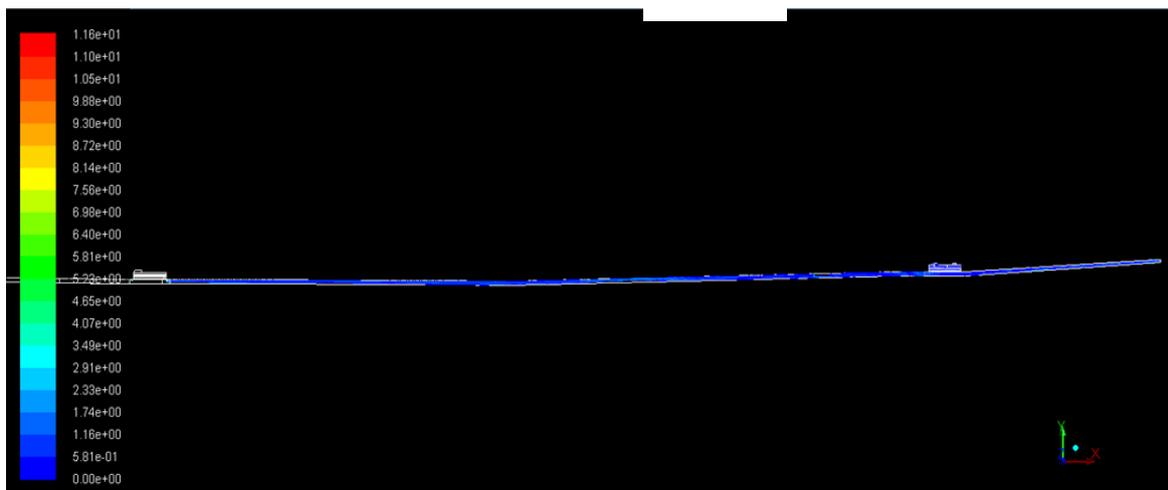


Distribución de la velocidad entre la estación Independencia Sur y Plaza de la Bandera Incendio en PK 13+200 y transporte de humos hacia Independencia Sur

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

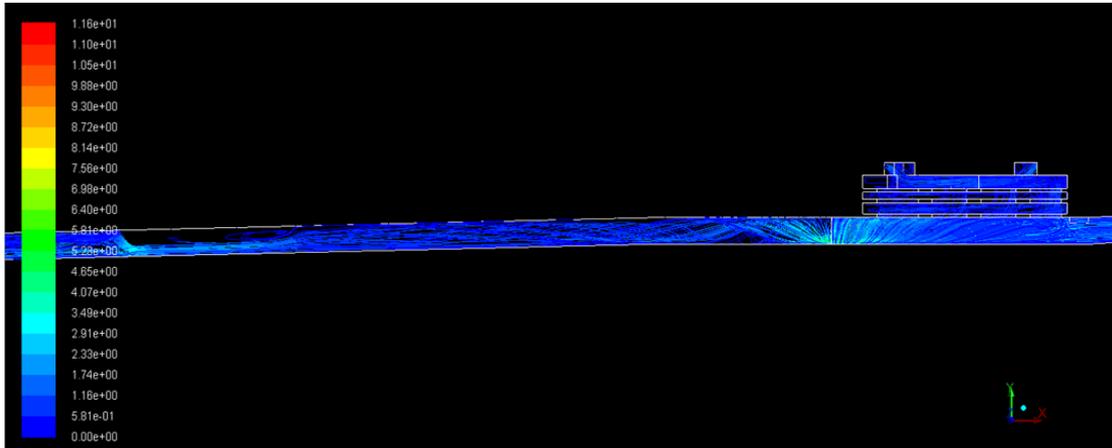


Distribución de la velocidad entre la estación Independencia Sur y Plaza de la Bandera. Incendio en PK 13+200 y transporte de humos hacia Independencia Sur.

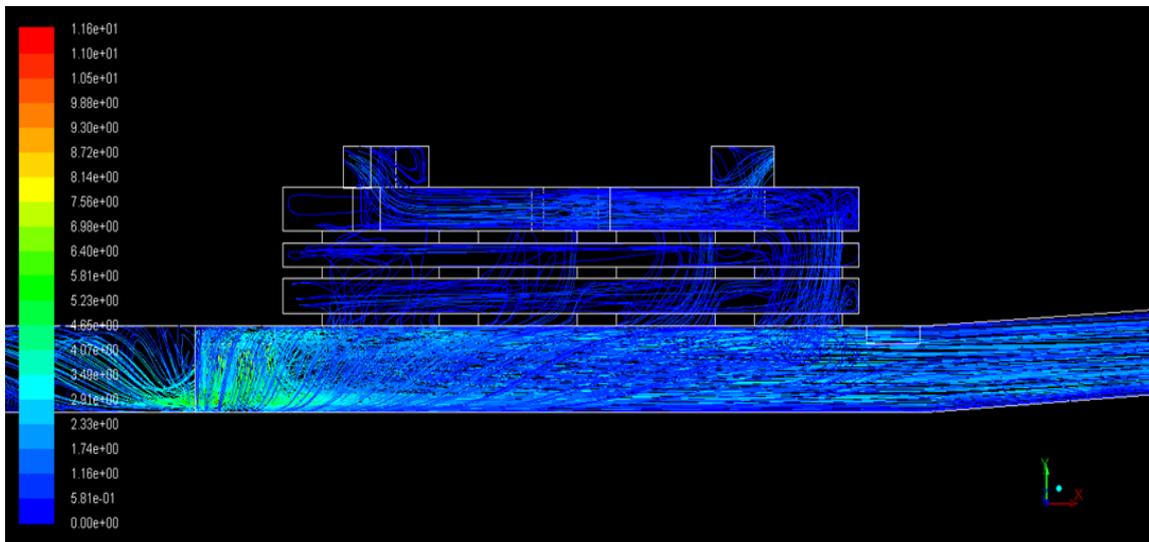


Vista lateral del tramo Independencia Sur – Plaza de la bandera con incendio en PK 13+200, impulsando en un solo pozo un caudal de $250\text{m}^3/\text{s}$

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

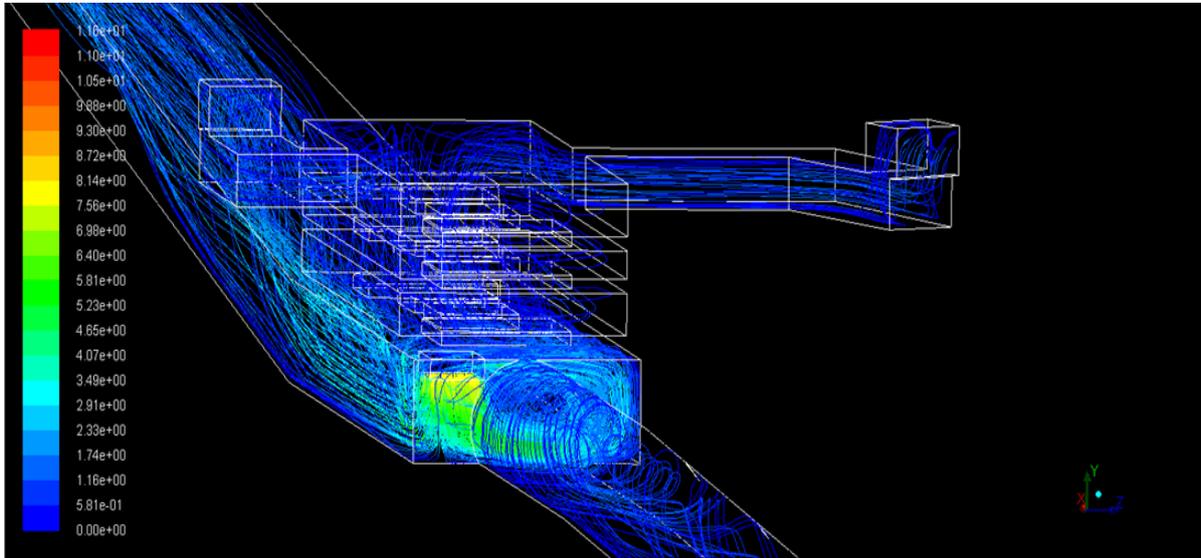


Acercamiento, vista lateral de la estación Plaza de la bandera con incendio en PK 13+200, impulsando en un solo pozo un caudal de 250m³/s

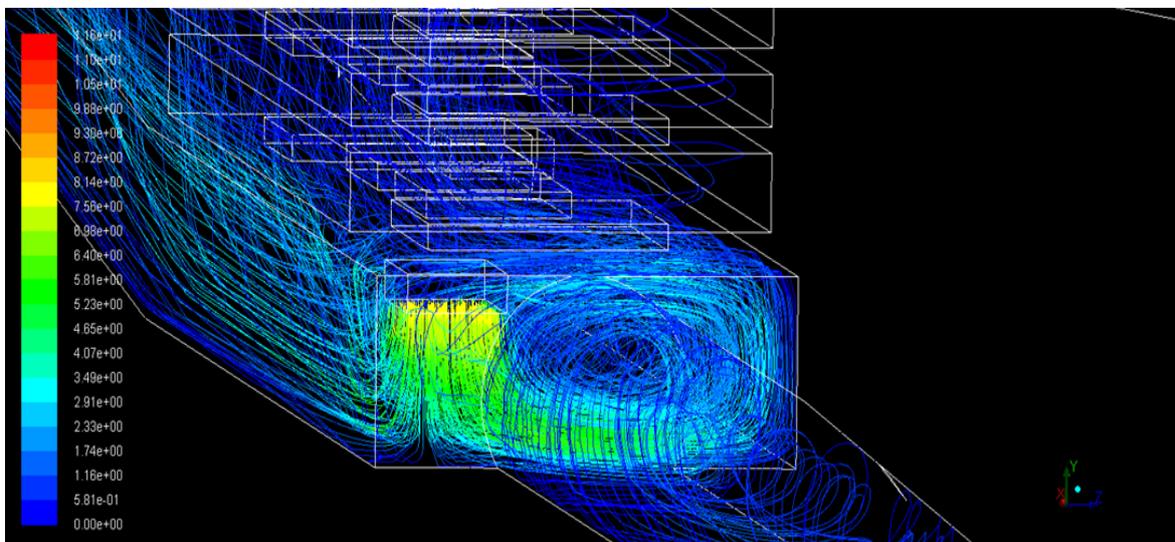


Acercamiento, vista lateral de la estación Plaza de la bandera con incendio en PK 13+200, impulsando en un solo pozo un caudal de 250m³/s

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Acercamiento, vista isométrica de la estación Plaza de la bandera con incendio en PK 13+200, impulsando en un solo pozo un caudal de 250m³/s



Acercamiento, vista isométrica de la estación Plaza de la bandera con incendio en PK 13+200, impulsando en un solo pozo un caudal de 250m³/s

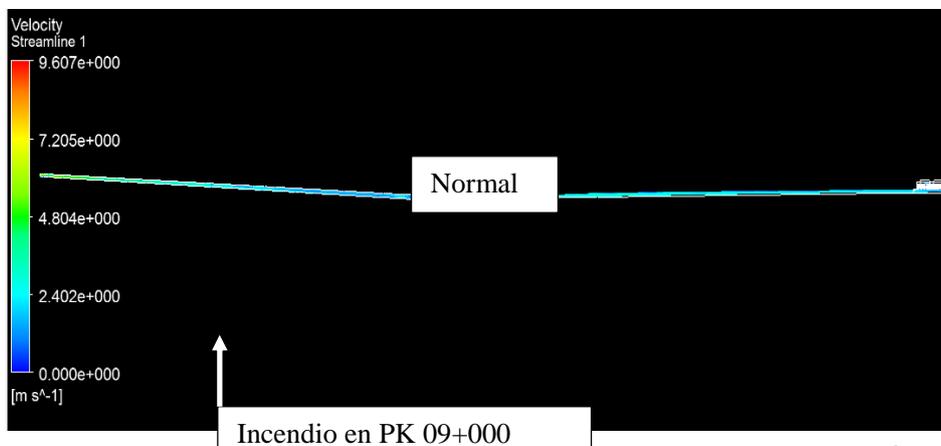
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

7.4.3. ESCENARIO 13 – TRINCHERA NORTE-NORMAL

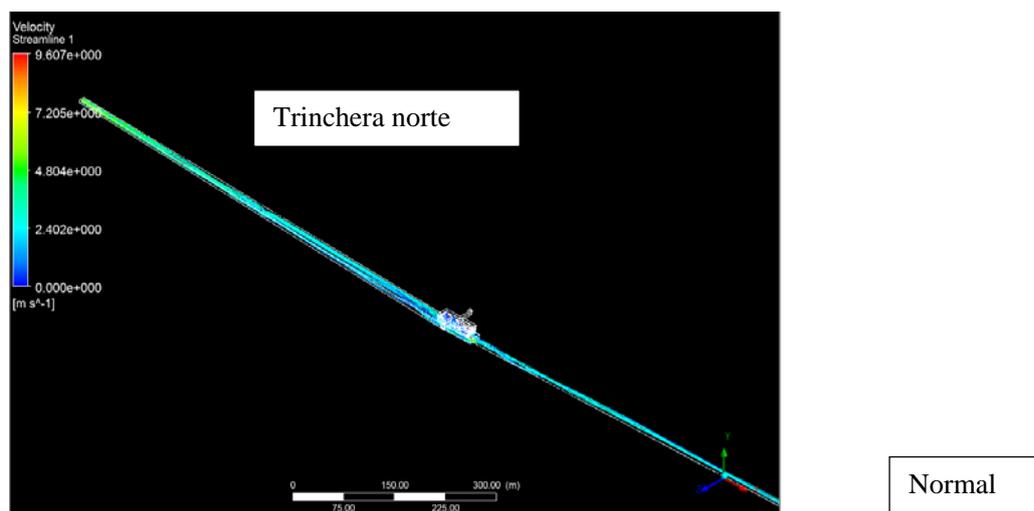
Posición del incendio: PK 09+000

Sentido de arrastre de humos: Hacia el exterior

Actuación ventilación: PV1: 230m³/s (Extracción) – PV2: 230m³/s

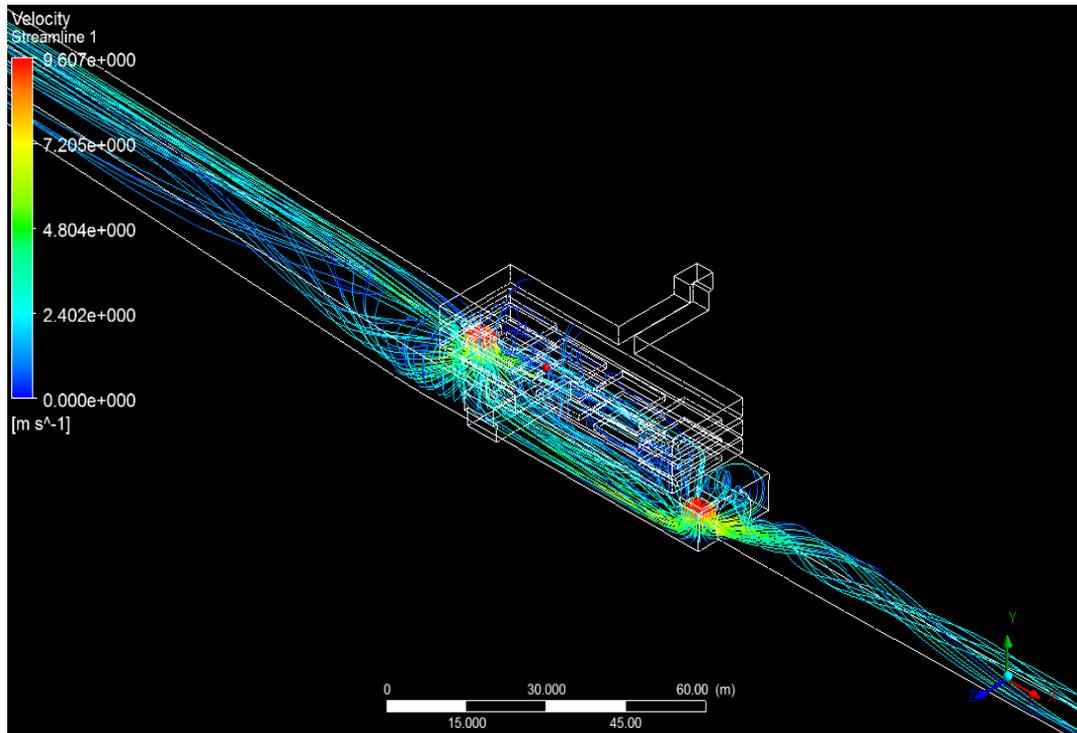


Vista lateral del tramo Trinchertera norte - Normal, inyectando en ambos pozos PV1: 230m³/s (Extracción) – PV2: 230m³/s y con un incendio en PK 09+000

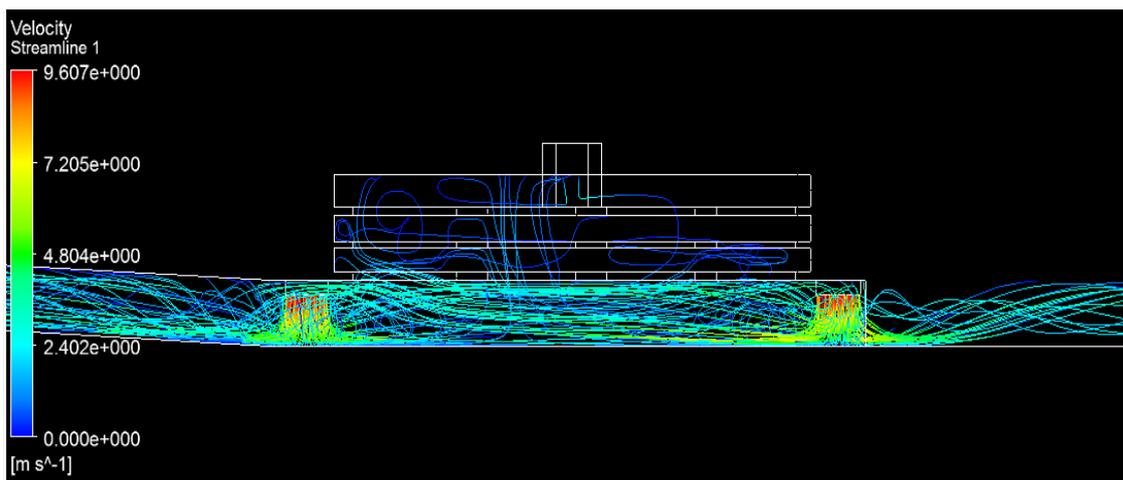


Vista isométrica superior, del tramo Trinchertera norte - Normal, inyectando en ambos pozos PV1: 230m³/s (Extracción) – PV2: 230m³/s y con un incendio en PK 09+000

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

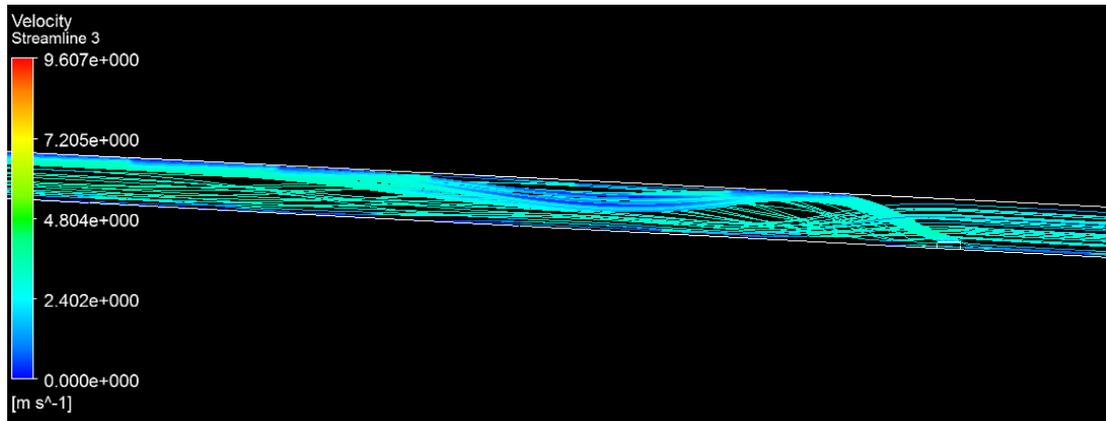


Acercamiento, vista isométrica superior del tramo Trincherera norte - Normal, inyectando en ambos pozos
PV1: 230m³/s (Extracción) – PV2: 230m³/s y con un incendio en PK 09+000



Acercamiento, vista lateral de la estación Normal inyectando en ambos pozos PV1: 230m³/s (Extracción)
– PV2: 230m³/s y con un incendio en PK 09+000

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



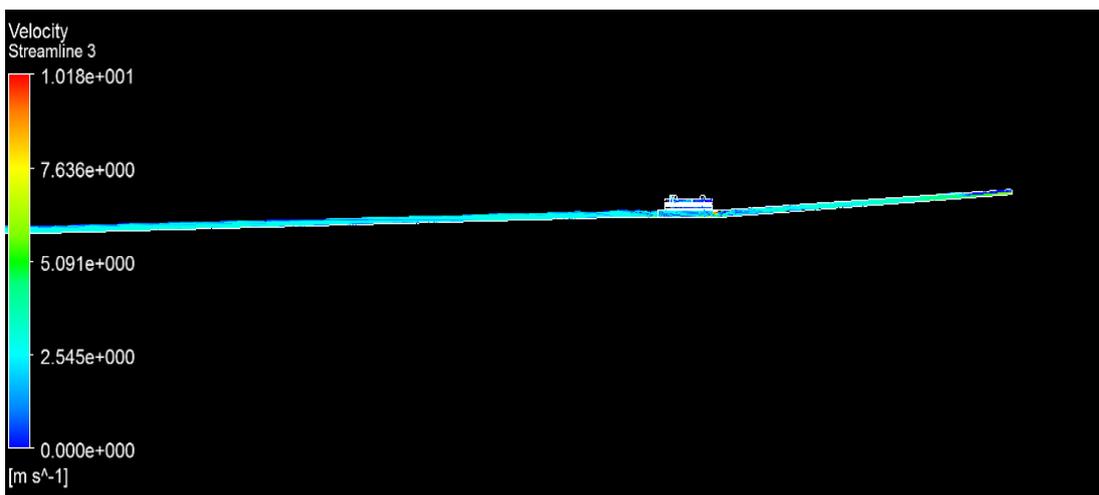
Acercamiento, vista lateral del incendio en PK 09+000

7.4.4. ESCENARIO 14: PLAZA DE LA BANDERA –TRINCHERA SUR

Posición del incendio: PK 13+ 600

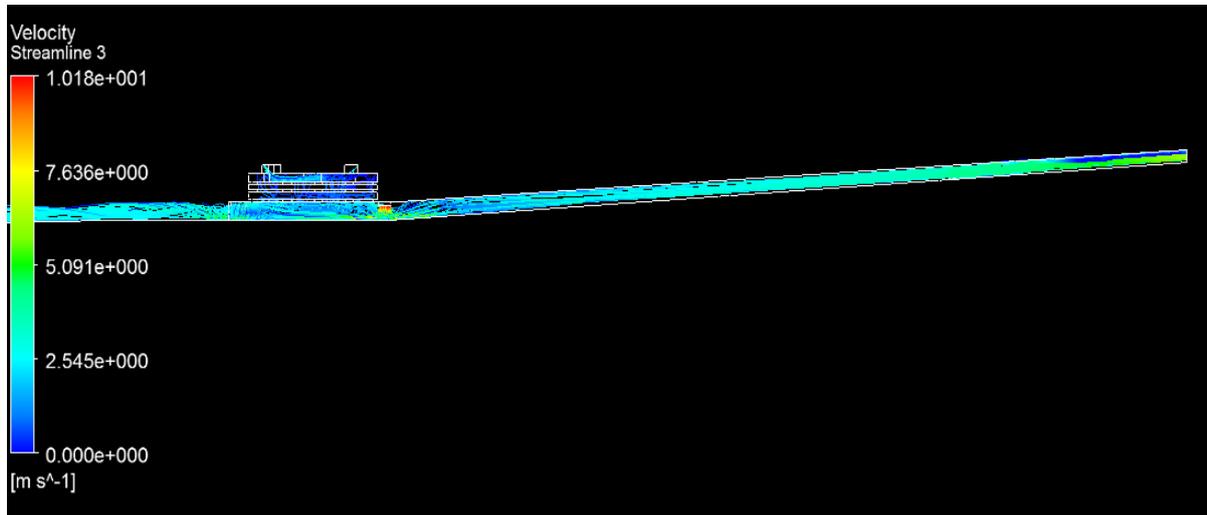
Sentido de arrastre de humos: hacia exterior

Actuación ventilación: PV9: 230m³/s (impulsión) – PV10: 230 m³/s (impulsión)

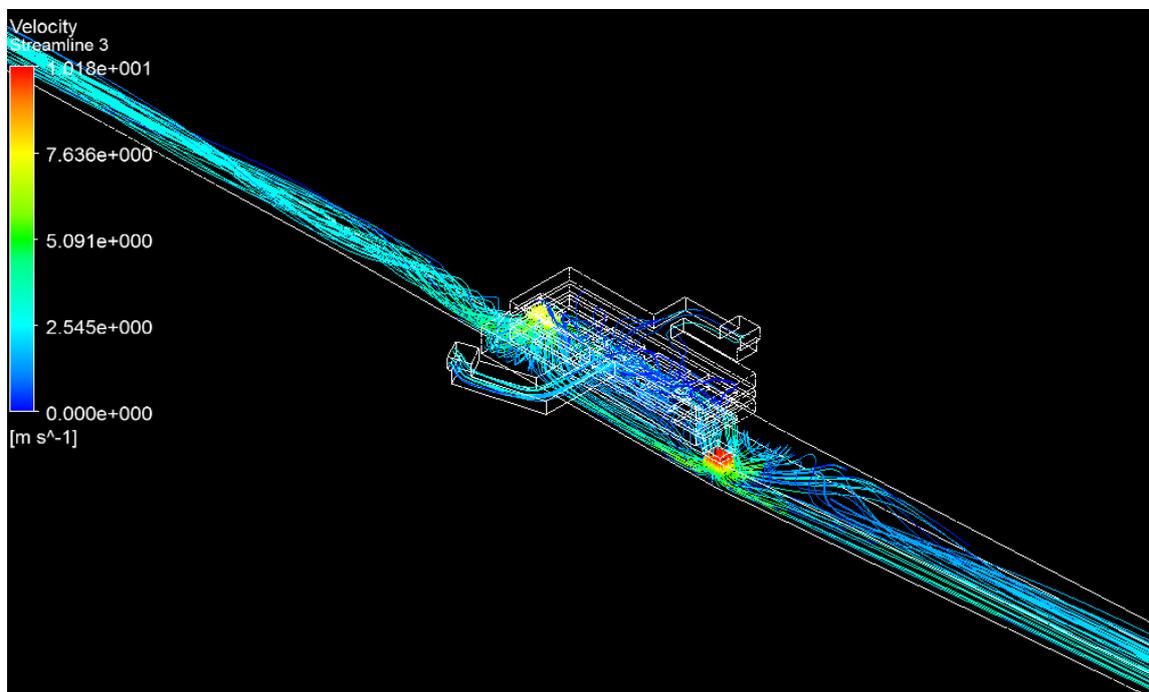


Vista lateral del tramo Plaza de la bandera – trinchera sur, inyectando en ambos pozos; PV9: 250m³/s y PV10: 230 m³/s y con un incendio en PK 13+600

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

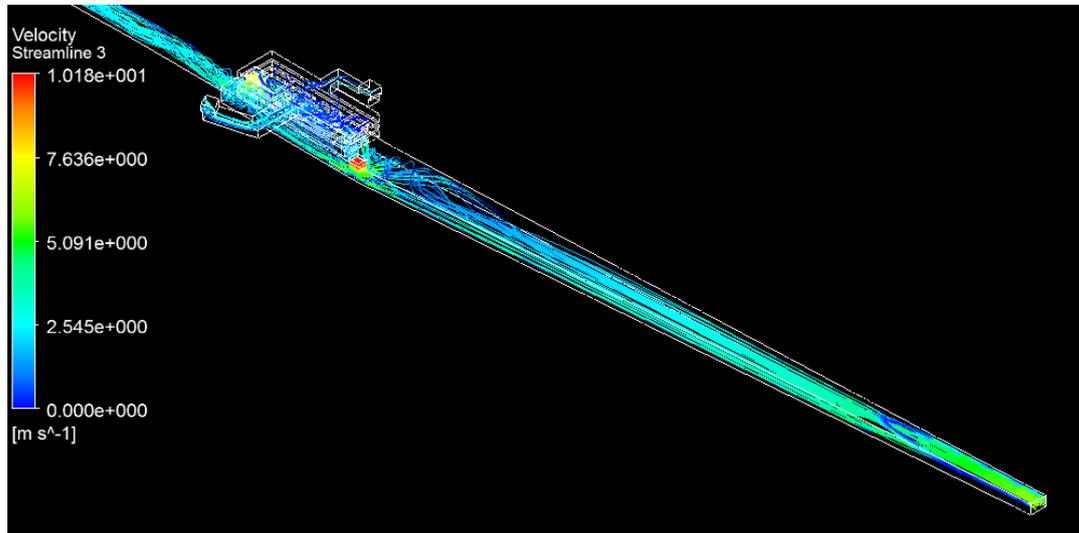


Acercamiento: Vista lateral del tramo Plaza de la bandera – trinchera sur, inyectando en ambos pozos; PV9: 250m³/s y PV10: 230 m³/s y con un incendio en PK 13+600

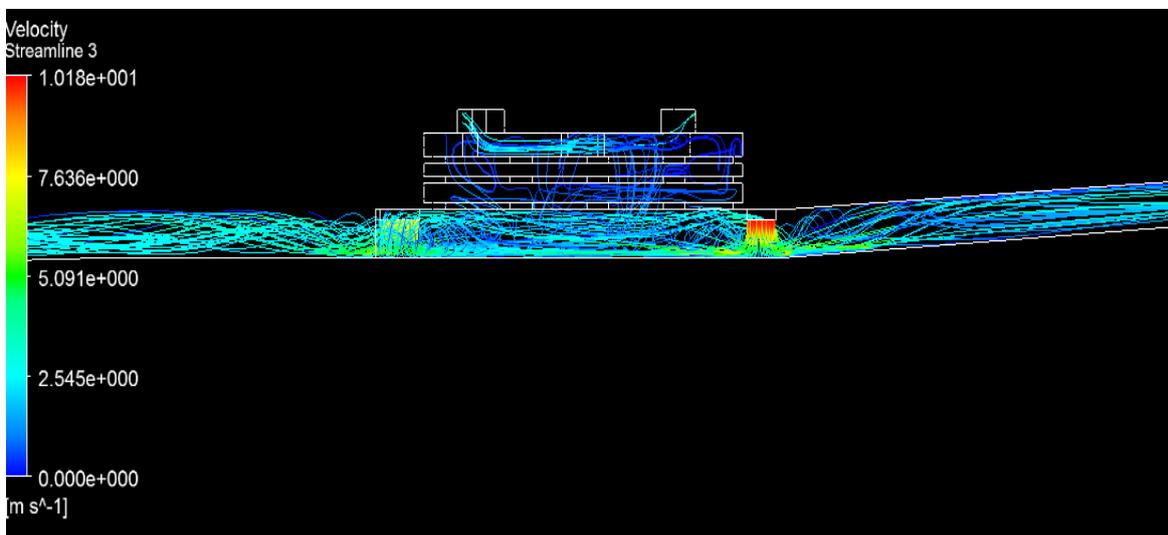


Estación Plaza de la bandera inyectando en ambos pozos; PV9: 250m³/s y PV10: 230m³/s y con un incendio en PK 13+600

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

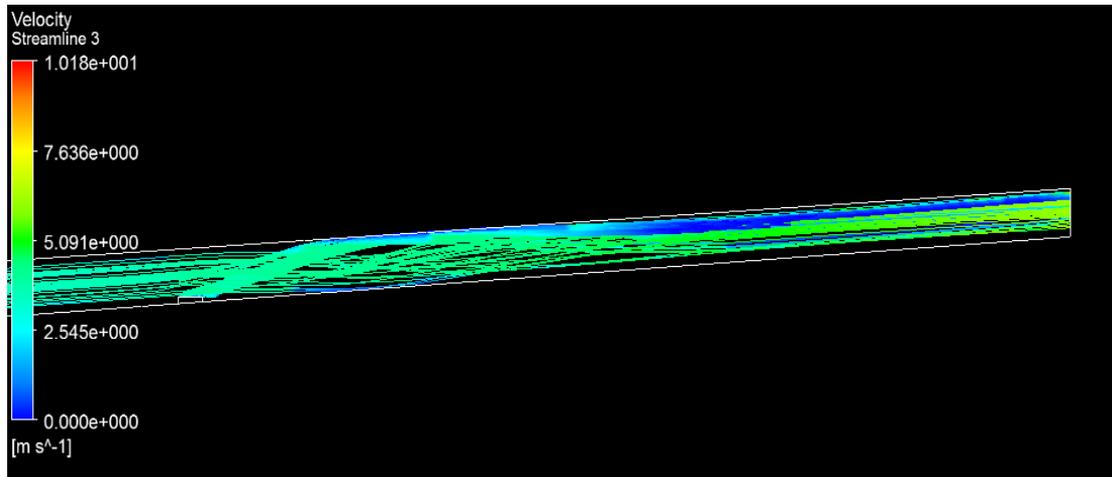


Tramo subterráneo entre la estación Plaza de la bandera y trinchera sur, con incendio ubicado en PK 13+600

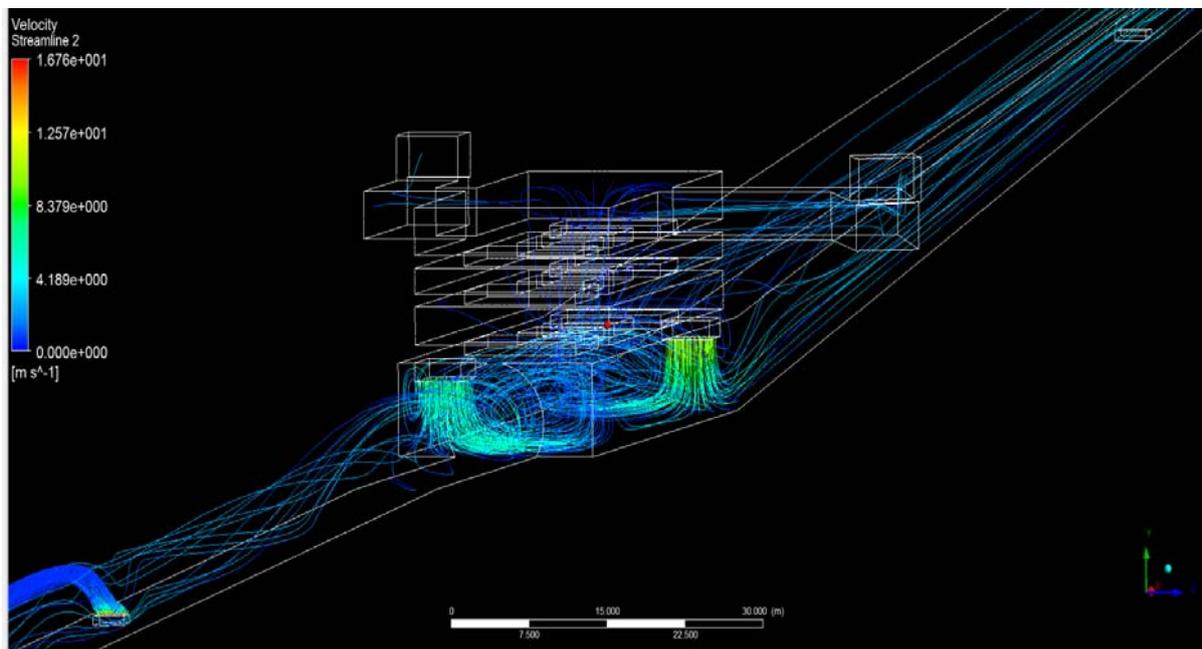


Vista lateral de la estación Plaza de la bandera inyectando en ambos pozos; PV9: 230m³/s y PV10: 230m³/s y con un incendio en PK 13+600

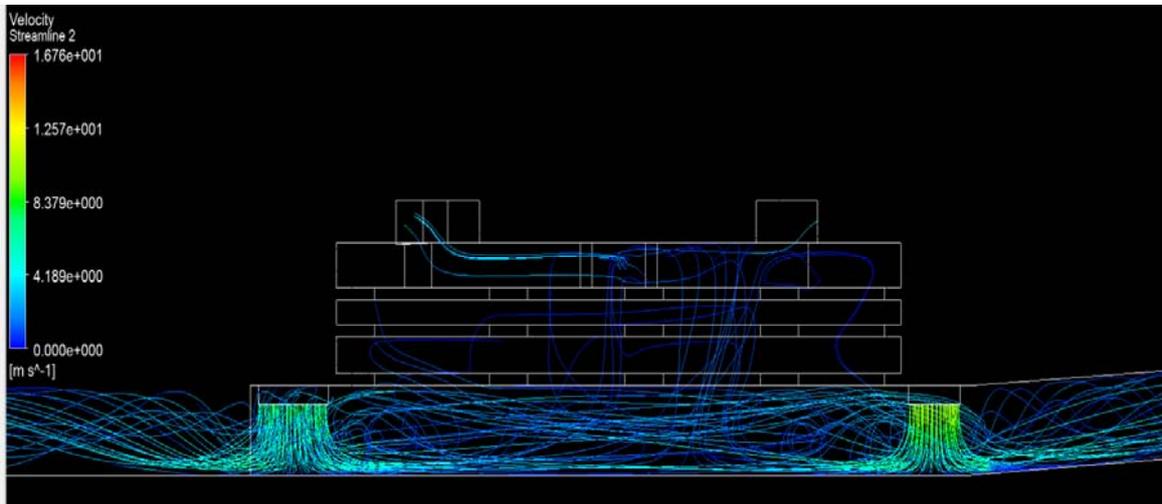
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



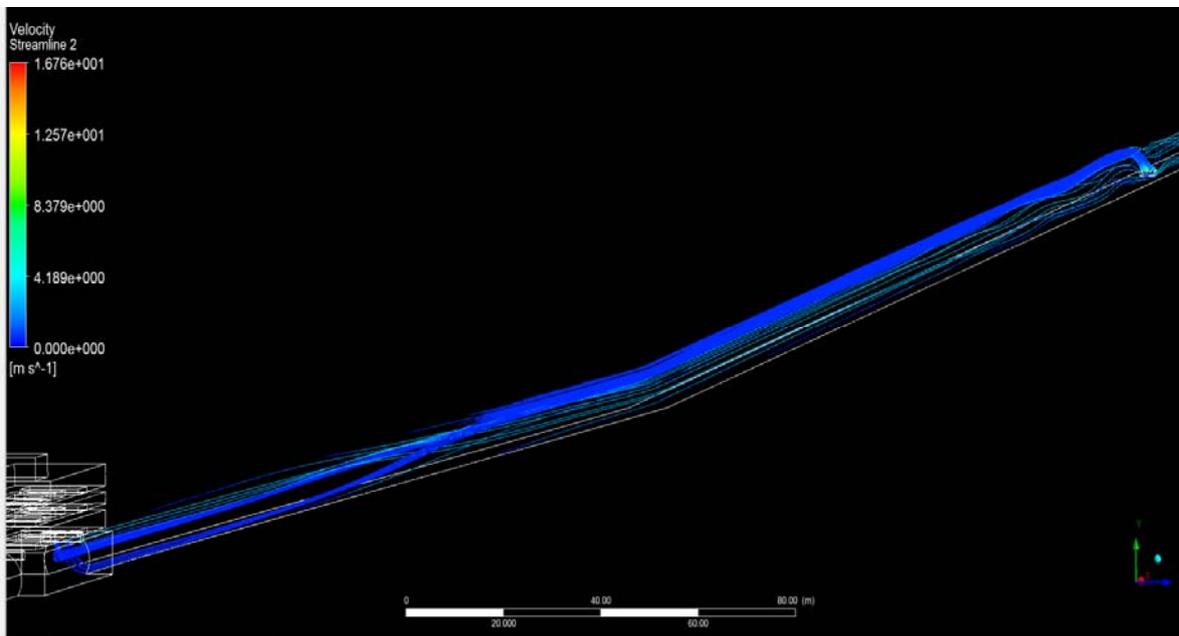
Vista lateral, acercamiento a la zona de incendio ubicado en PK 13+600



Acercamiento, Vista isométrica de la estación Plaza de la bandera impulsando en ambos pozos un caudal de $230\text{m}^3/\text{s}$

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS


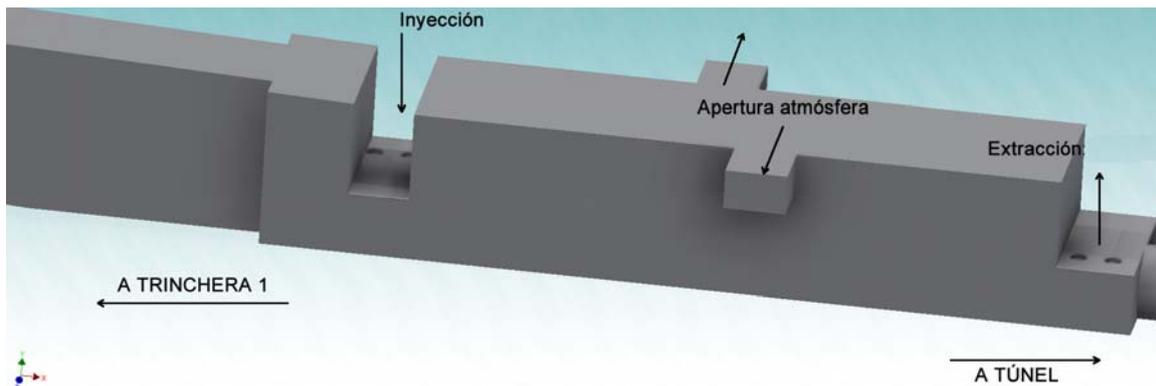
Acercamiento, Vista lateral de la estación Plaza de la bandera impulsando en ambos pozos un caudal de $250\text{m}^3/\text{s}$



Vista isométrica de la estación Independencia Sur, extrayendo en ambos pozos un caudal de $250\text{m}^3/\text{s}$

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

7.4.5. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA ESTACIÓN

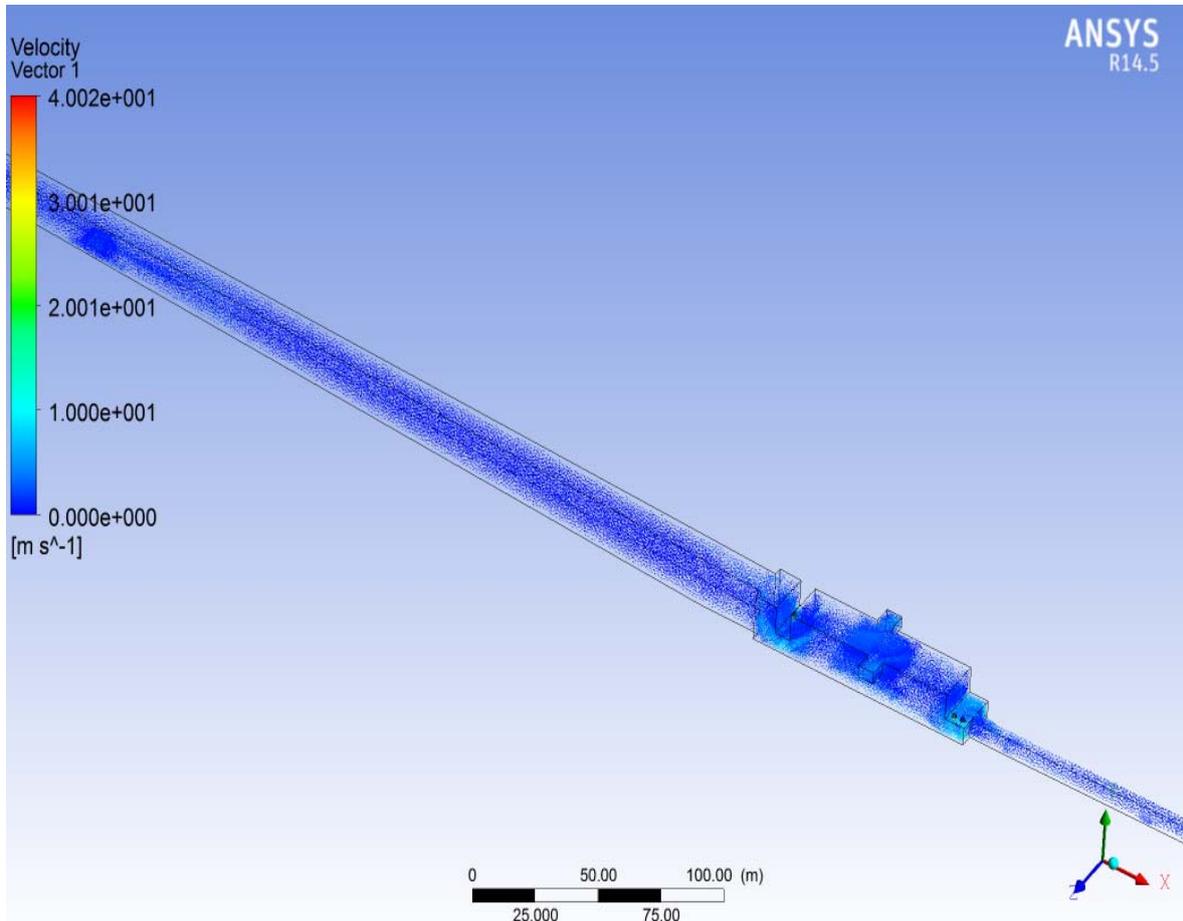


Condiciones de frontera aplicadas al modelo



Contornos de distribución de la velocidad en el tramo subterráneo – Ventiladores en posición vertical

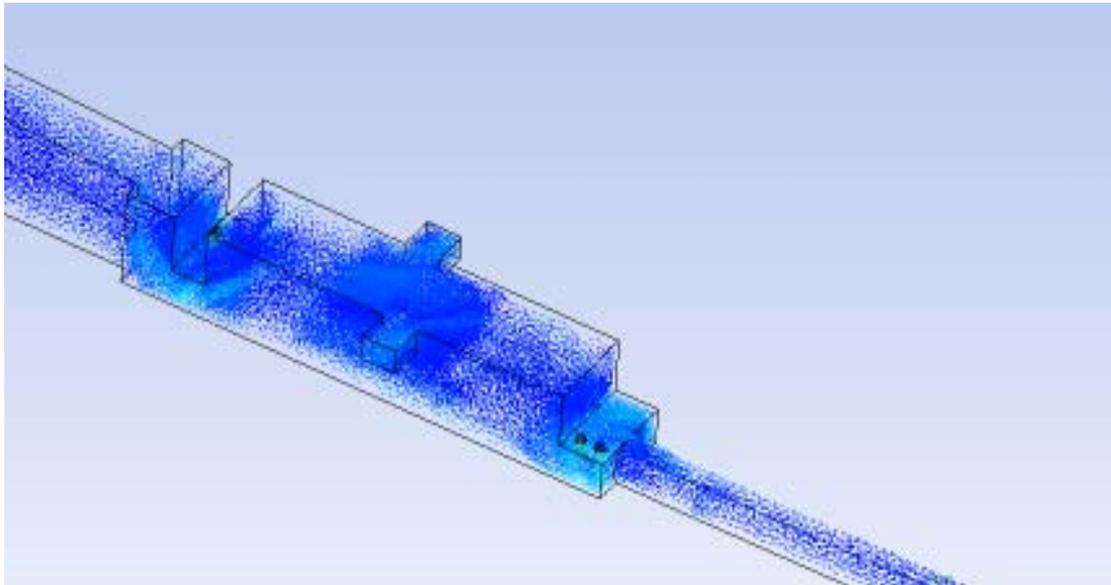
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vectores de velocidad distribuidos dentro de la estación de pasajeros

En la figura siguientes se observa que la salida del ventilador que se encuentra del lado de la estaciones introduce el flujo hacia la estación de pasajeros y sale por los accesos. Se observa que solo parte del aire inyectado en la salida del ventilador que queda del lado del túnel en efecto entra hacia el túnel. La mayor parte del aire inyectado por este ventilador causa un giro turbulento dentro de la misma estación. De este modo la capacidad de inyección se pierde considerablemente.

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Acercamiento- Vectores de velocidad distribuidos dentro de la estación de pasajeros.

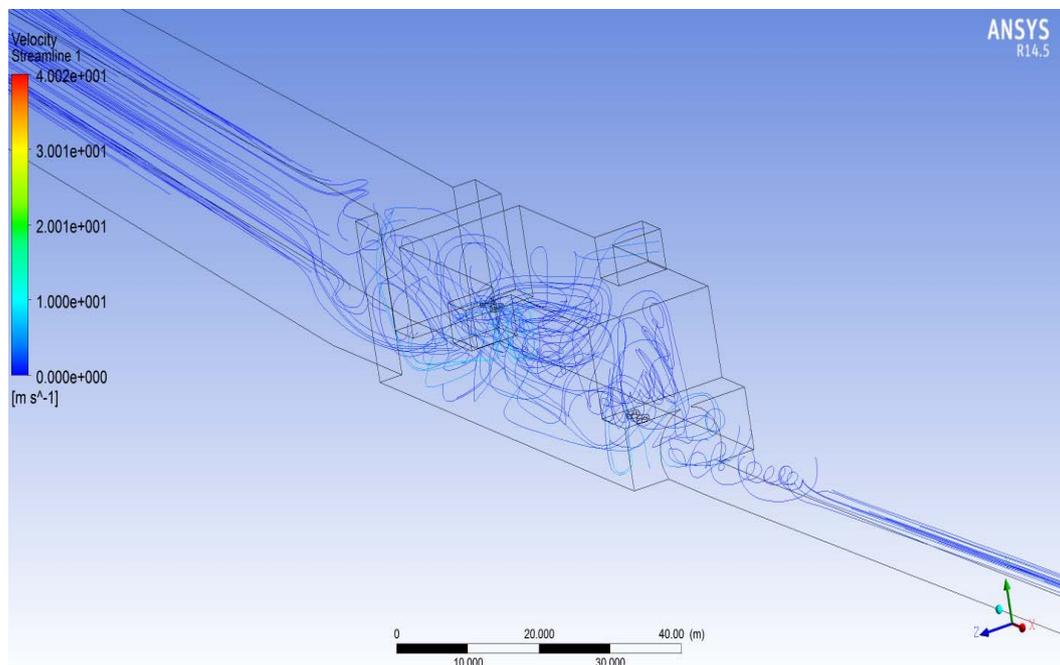
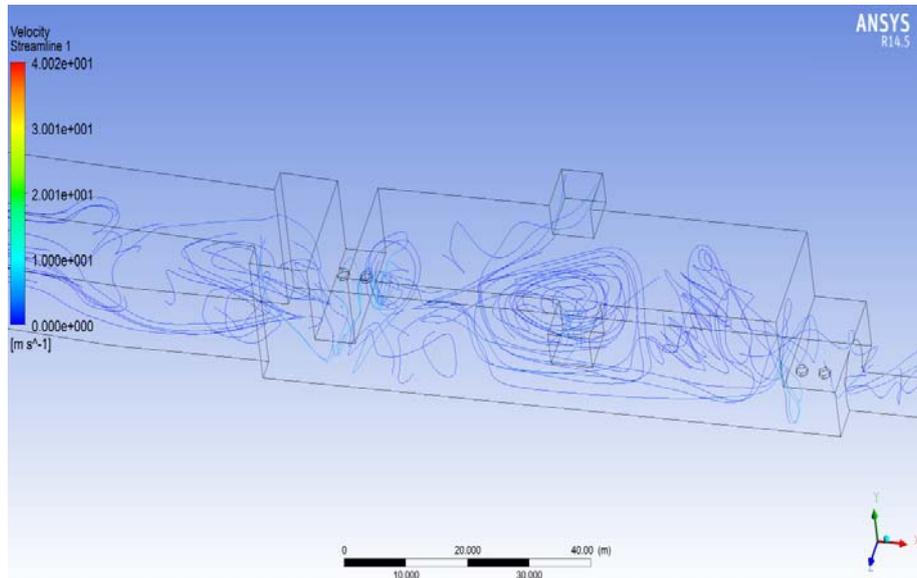
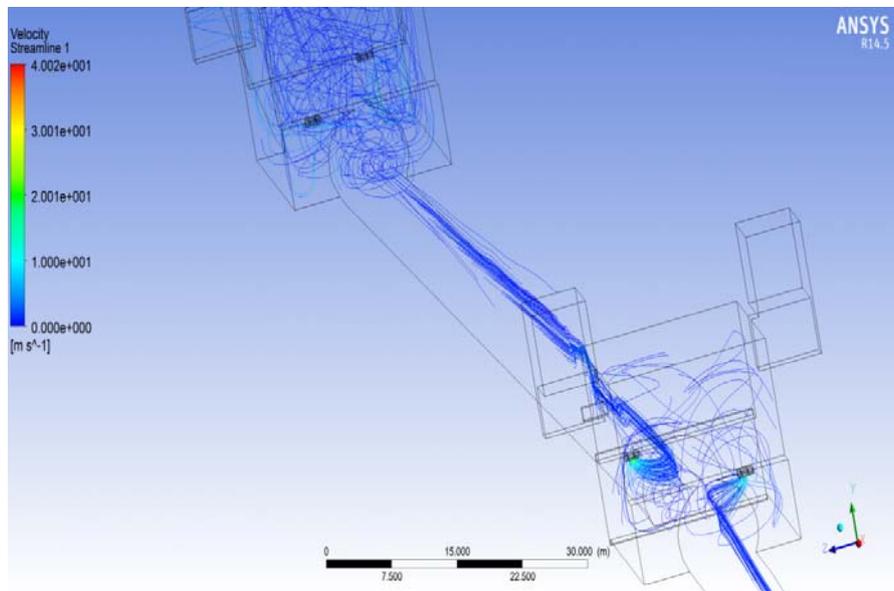


Figura 1.16. Acercamiento -Líneas de flujo a lo largo de la estación observada

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista lateral de la distribución de las líneas de flujo generadas por el sistema de ventilación



Líneas de flujo en el tramo subterráneo, al fondo los ventiladores se encuentran en modalidad de inyección. Al frente (parte inferior derecha de la imagen) los ventiladores se encuentran el extracción

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

7.4.6. Conclusiones obtenidas

En el caso de incendio en la zona de trinchera cubierta, las simulaciones computacionales realizadas muestran como el sistema es capaz de arrastrar el humo eficazmente hacia la boca de salida mediante la activación en inyección de los dos pozos de ventilación de la estación contigua (Normal o Plaza de la Bandera).

En cambio, se ha observado lo dificultoso que resulta alcanzar la velocidad crítica en los escenarios de incendio entre estaciones. Esto sucede porque la configuración de los ventiladores genera una recirculación del aire principalmente en la estación de pasajeros. La cantidad de aire que entra al túnel es muy baja como se muestra en la gráfica de velocidades.

Por este motivo se ha decidido que la mejor solución para el sistema de ventilación del túnel es reforzar la ventilación de túnel con la inclusión de jeffans en el túnel, de modo que se asegure que la mayor parte del aire extraído por el pozo de extracción de humos provenga del túnel y no del lado de la estación.

Para la determinación de las necesidades de jeffans se utilizará un modelo 1-dimensional, de todos los escenarios de incendio entre estaciones.

7.5. INCENDIO EN TÚNEL: SIMULACIONES UNIDIMENSIONALES

La solución adoptada para la ventilación de túnel considere en un sistema push-pull con pozos de ventilación de un caudal de 230m³/s más la inclusión de ventiladores tipo jeffan en el interior del túnel. Con las simulaciones realizadas se comprobará el n^o de jeffans requeridos en cada tramo de túnel entre estaciones para asegurar la velocidad crítica en caso de incendio.

Las características de los jeffans incluidos en el túnel son los siguientes:

Nominal diameter	Type	Length " L " (1D silencer)	Outer diameter " D "	Weight incl. motor ~ kg	Thrust N	Volume flow rate m ³ /s	Outlet velocity m/s	Motor			Sound pressure (1) freefield	
								Rated power kW	Rated current (400V) A	Nominal speed rpm	45°, 3m dB(A)	45°, 10m dB(A)
710	GR	2680	915	605	943	18.1	45.7	44.4	78.4	3600	93	83

Los resultados obtenidos de las simulaciones unidimensionales son los siguientes:

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 1: Normal – Alcalde

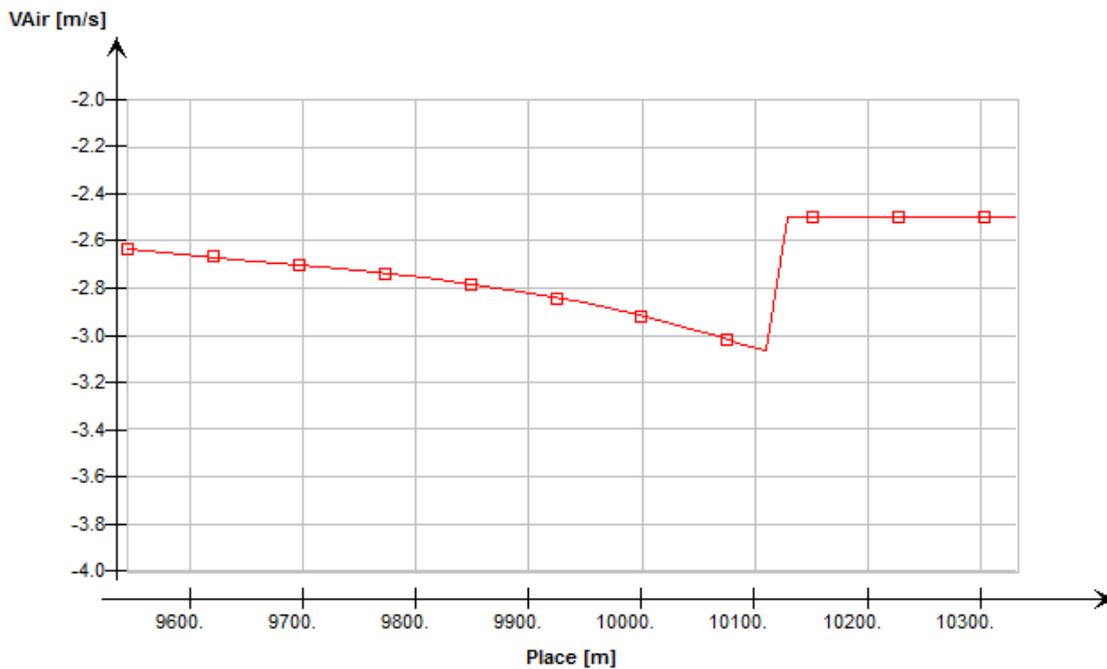
Posición del incendio: PK 10+100

Sentido arrastre humos: hacia Normal

Pozos de ventilación: PV2: 230 m³/s (extracción) PV3: 230m³/s (impulsión)
 Jetfan (F = 943N): JET1-P.K: 9+620 m (ON) JET2-P.K: 10+213 m (OFF)

Velocidad crítica: 2,26 m/s

Velocidad obtenida: 2,45 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 2: Normal – Alcalde

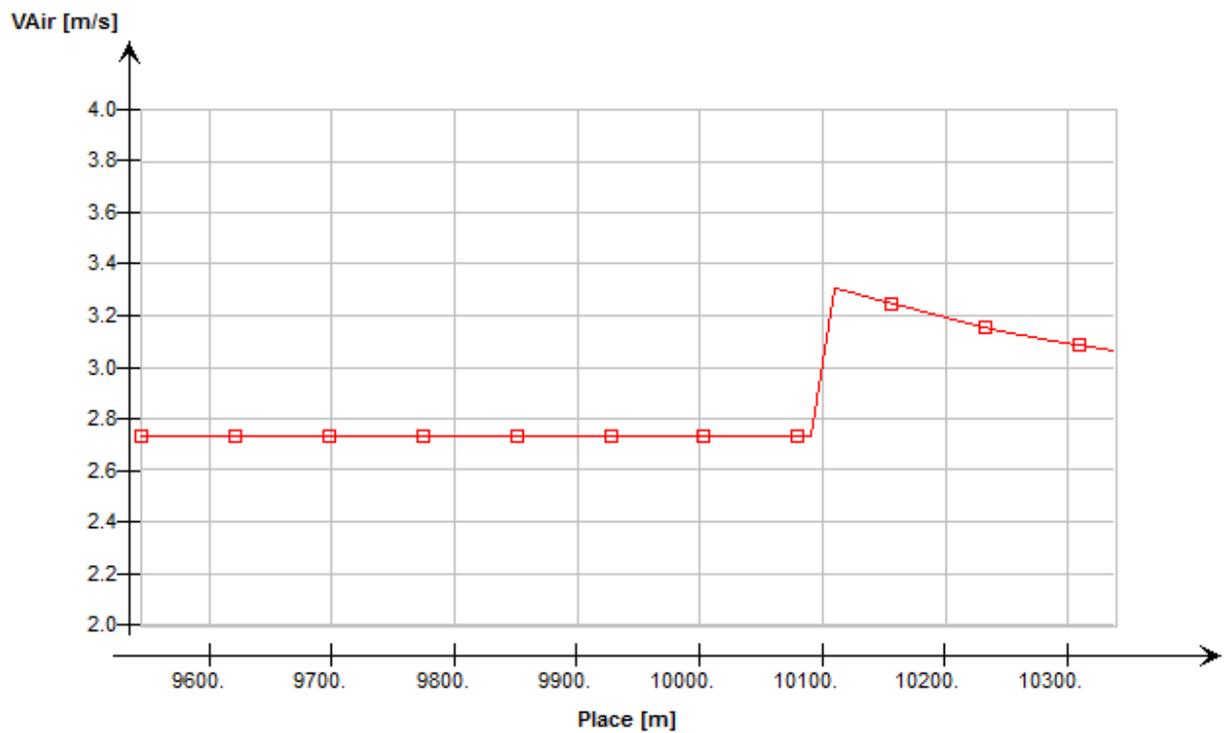
Posición del incendio: PK 10+100

Sentido arrastre humos: hacia Alcalde

Pozos de ventilación: PV2: 230 m³/s (impulsión) PV3: 230m³/s (extracción)
 Jetfan (F = 943N): JET1-P.K: 9+620 m (ON) JET2-P.K: 10+213 m (OFF)

Velocidad crítica: 2,16 m/s

Velocidad obtenida: 2,73 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 3: Alcalde – Catedral

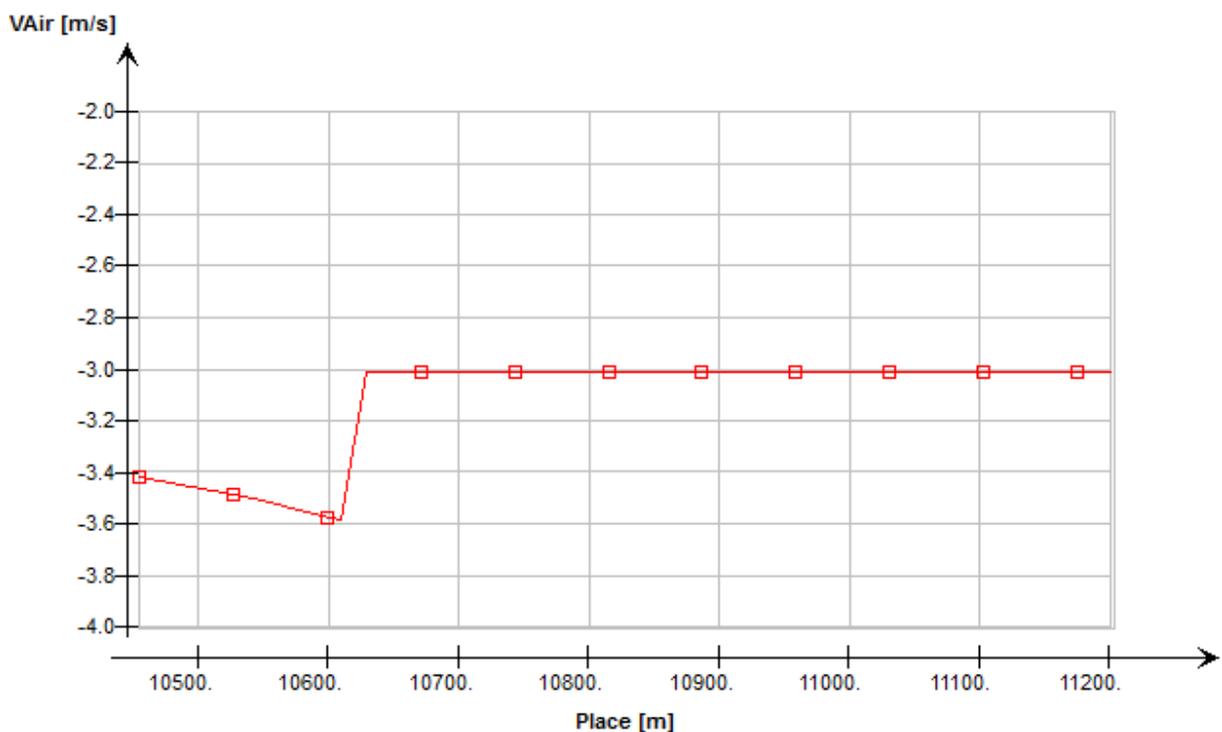
Posición del incendio: PK 10+600

Sentido arrastre humos: hacia Alcalde

Pozos de ventilación: PV4: 230 m³/s (extracción) PV5: 230m³/s (impulsión)
 Jetfan (F = 943N): JET3-P.K: 10+558 m (OFF) JET4-P.K: 11+127 m (ON)

Velocidad crítica: 2,16 m/s

Velocidad obtenida: 3,01 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 4: Alcalde – Catedral

Posición del incendio: PK 10+600

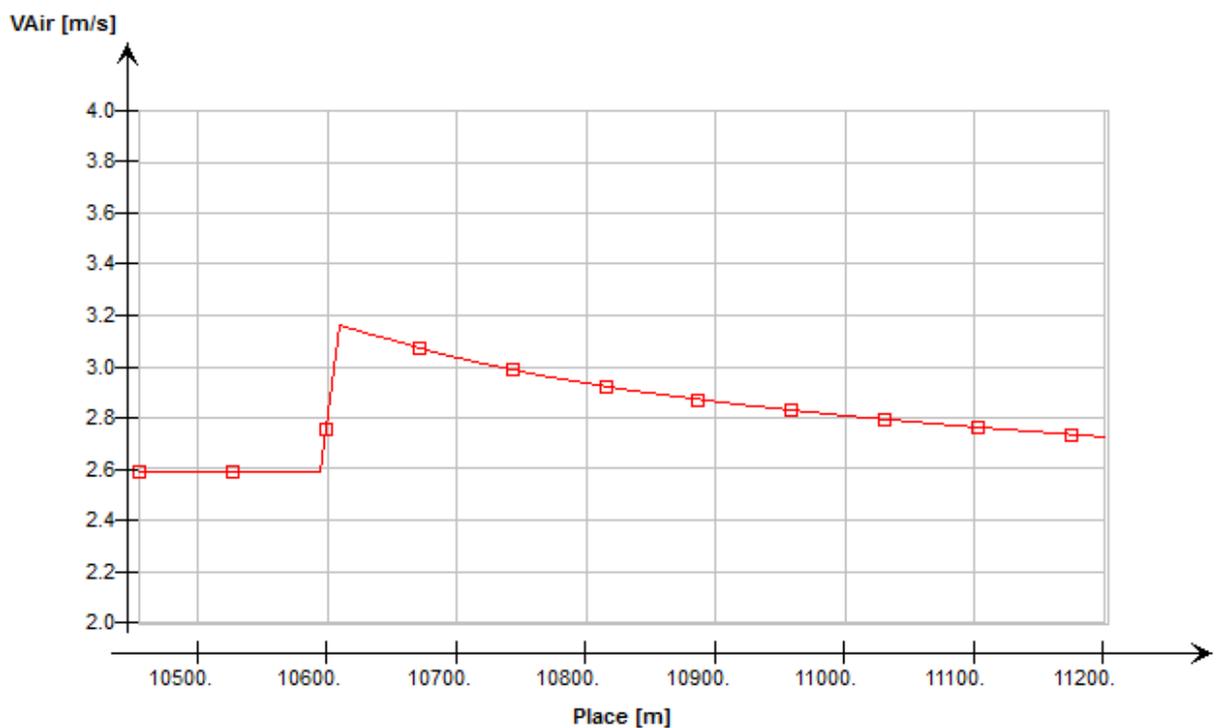
Sentido arrastre humos: hacia Catedral

Pozos de ventilación: PV4: 230 m³/s (impulsión) PV5: 230m³/s (extracción)

Jetfan (F = 943N): JET3-P.K: 10+558 m (OFF) JET4-P.K: 11+127 m (ON)

Velocidad crítica: 2,27 m/s

Velocidad obtenida: 2,59 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 5: Alcalde – Catedral

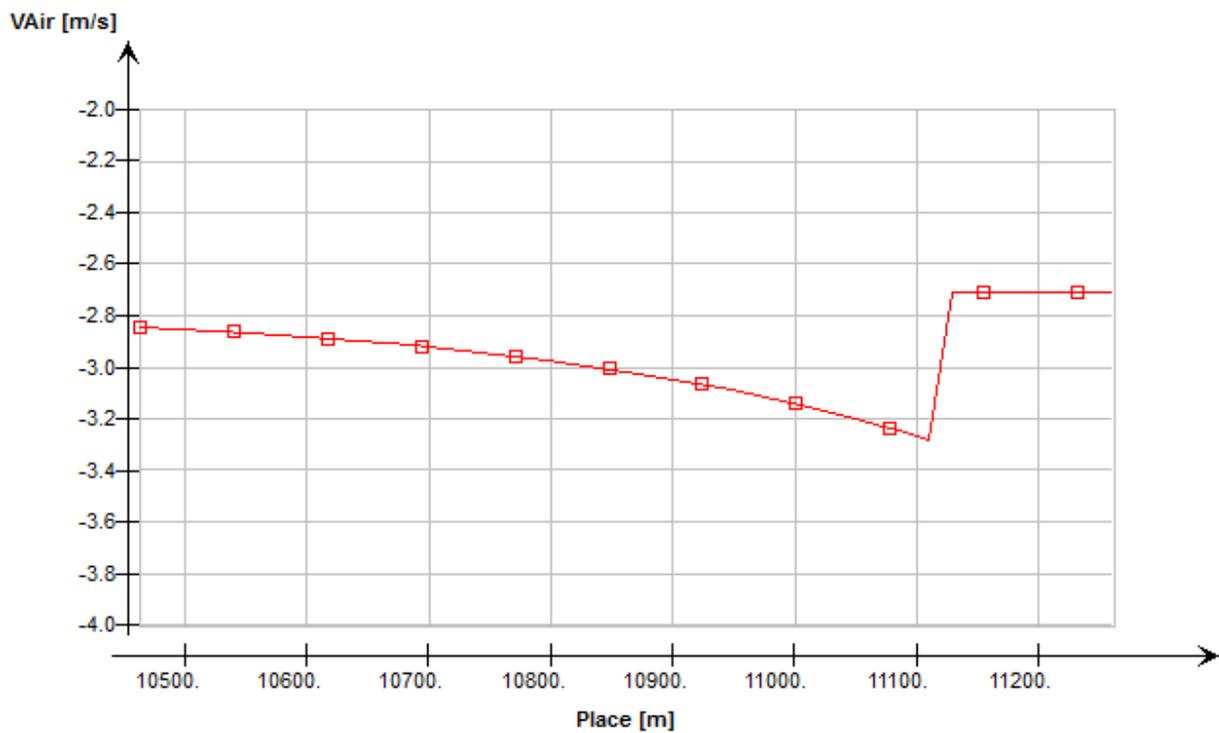
Posición del incendio: PK 11+100

Sentido arrastre humos: hacia Alcalde

Pozos de ventilación: PV4: 230 m³/s (extracción) PV5: 230m³/s (impulsión)
 Jetfan (F = 943N): JET3-P.K: 10+558 m (ON) JET4-P.K: 11+127 m (OFF)

Velocidad crítica: 2,27 m/s

Velocidad obtenida: 2,71 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 6: Alcalde – Catedral

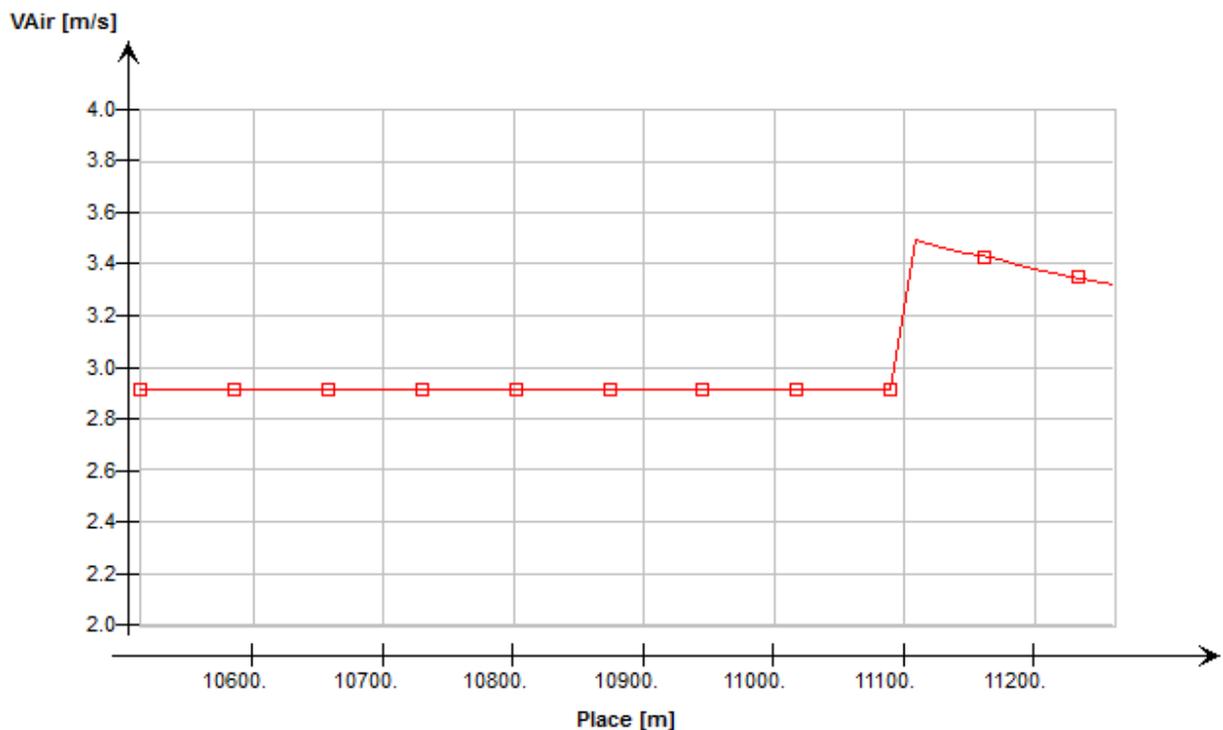
Posición del incendio: PK 11+100

Sentido arrastre humos: hacia Catedral

Pozos de ventilación: PV4: 230 m³/s (impulsión) PV5: 230m³/s (extracción)
 Jetfan (F = 943N): JET3-P.K: 10+558 m (ON) JET4-P.K: 11+127 m (OFF)

Velocidad crítica: 2,16 m/s

Velocidad obtenida: 2,92 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 7: Catedral – Independencia Sur

Posición del incendio: PK 11+500

Sentido arrastre humos: hacia Catedral

Pozos de ventilación: PV6: 230 m³/s (extracción) PV7: 230m³/s (impulsión)
Jetfan (F = 943N): JET5-P.K: 11+502 m (OFF) JET6-P.K: 11+830 m (ON)

Velocidad crítica: 2,16 m/s

Velocidad obtenida: 2,92 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 8: Catedral – Independencia Sur

Posición del incendio: PK 11+500

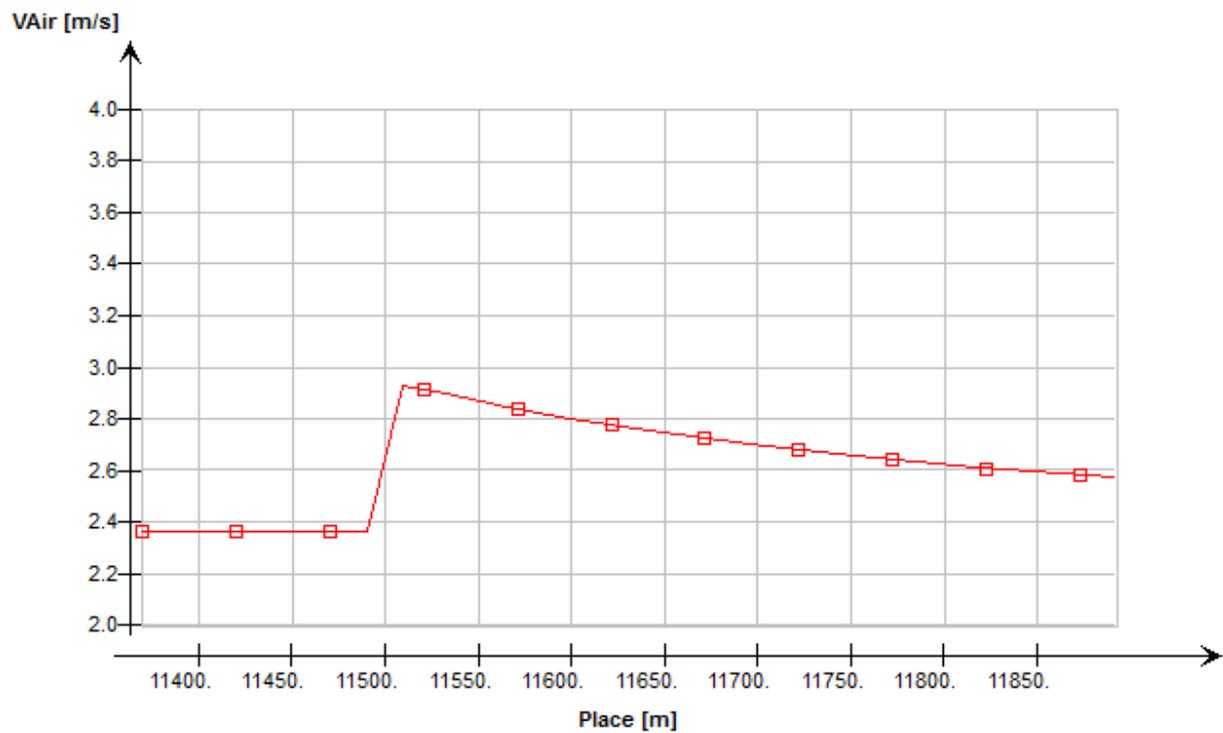
Sentido arrastre humos: hacia Independencia

Pozos de ventilación: PV6: 230 m³/s (impulsión) PV7: 230m³/s (extracción)

Jetfan (F = 943N): JET5-P.K: 11+502 m (OFF) JET6-P.K: 11+830 m (ON)

Velocidad crítica: 2,29 m/s

Velocidad obtenida: 2,31 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 9: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 12+200

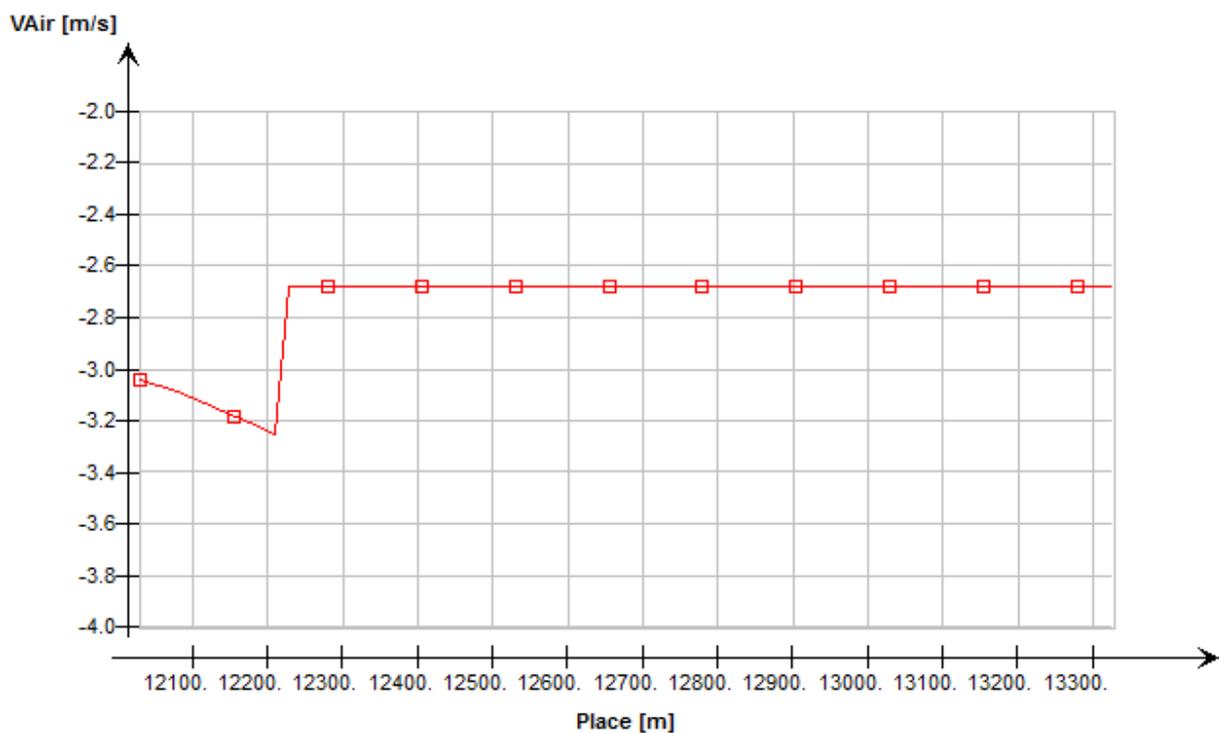
Sentido arrastre humos: hacia Independencia Sur

Pozos de ventilación: PV8: 230 m³/s (extracción) PV9: 230m³/s (impulsión)

Jetfan (F = 943N): JET7-P.K: 12+154 (OFF) JET8-P.K: 12+254 (OFF) JET9-P.K: 13+252 (ON)

Velocidad crítica: 2,16 m/s

Velocidad obtenida: 2,68 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 10: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 12+200

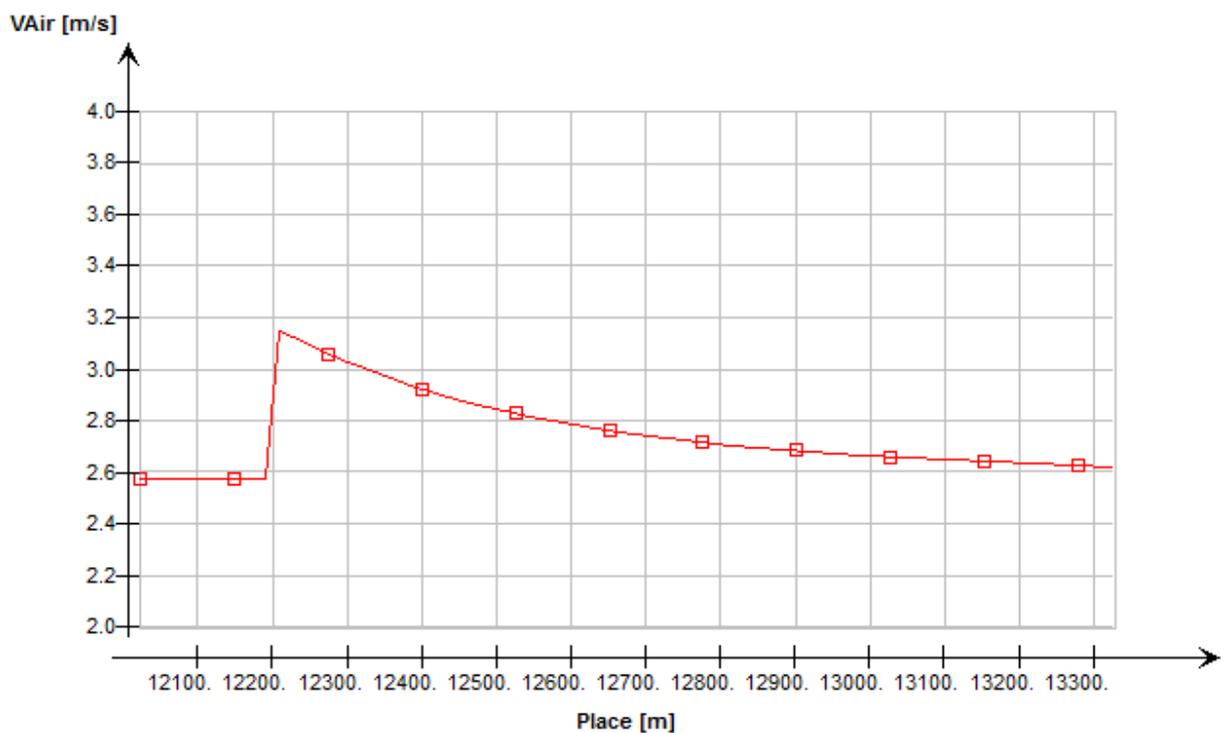
Sentido arrastre humos: hacia Plaza de la Bandera

Pozos de ventilación: PV8: 230 m³/s (impulsión) PV9: 230m³/s (extracción)

Jetfan (F = 943N): JET7-P.K: 12+154 (OFF) JET8-P.K: 12+254 (OFF) JET9-P.K: 13+252 (ON)

Velocidad crítica: 2,16 m/s

Velocidad obtenida: 2,61 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 11: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 13+200

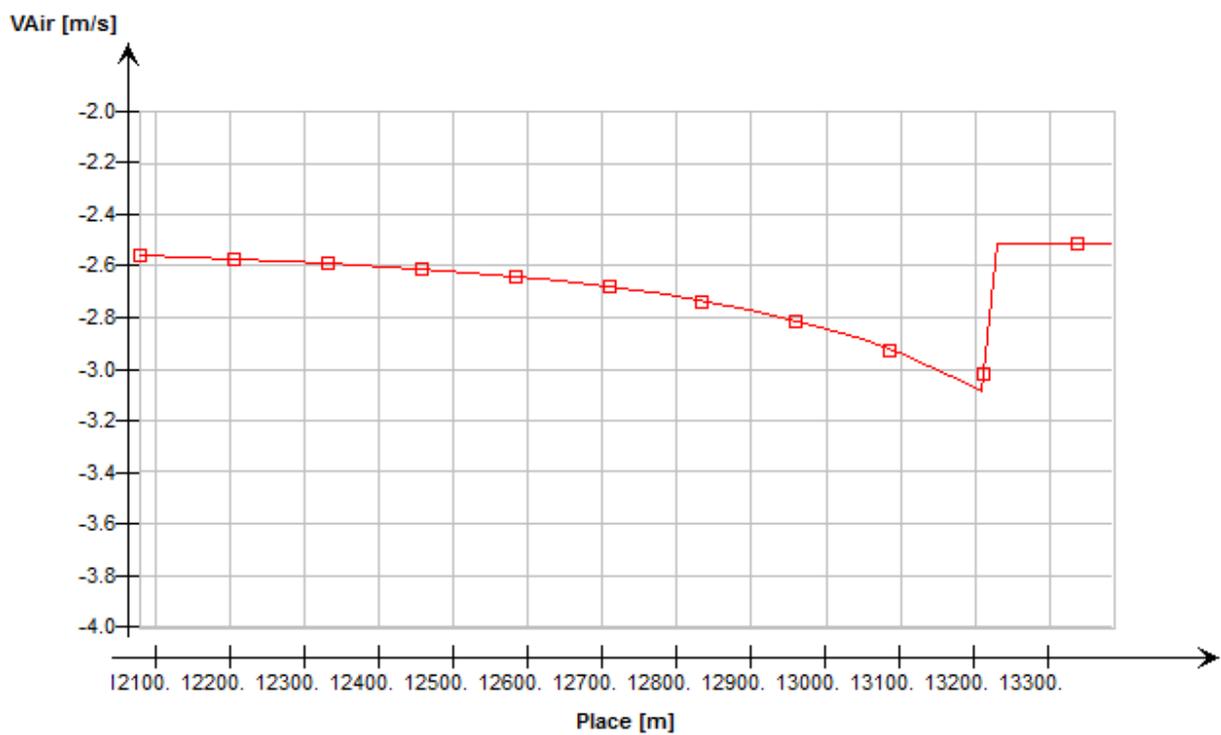
Sentido arrastre humos: hacia Independencia

Pozos de ventilación: PV8: 230 m³/s (impulsión) PV9: 230m³/s (extracción)

Jetfan (F = 943N): JET7-P.K: 12+154 (ON) JET8-P.K: 12+254 (ON) JET9-P.K: 13+252 (OFF)

Velocidad crítica: 2,33 m/s

Velocidad obtenida: 2,46 m/s



DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

ESCENARIO 12: Independencia Sur – Plaza de la Bandera

Posición del incendio: PK 13+200

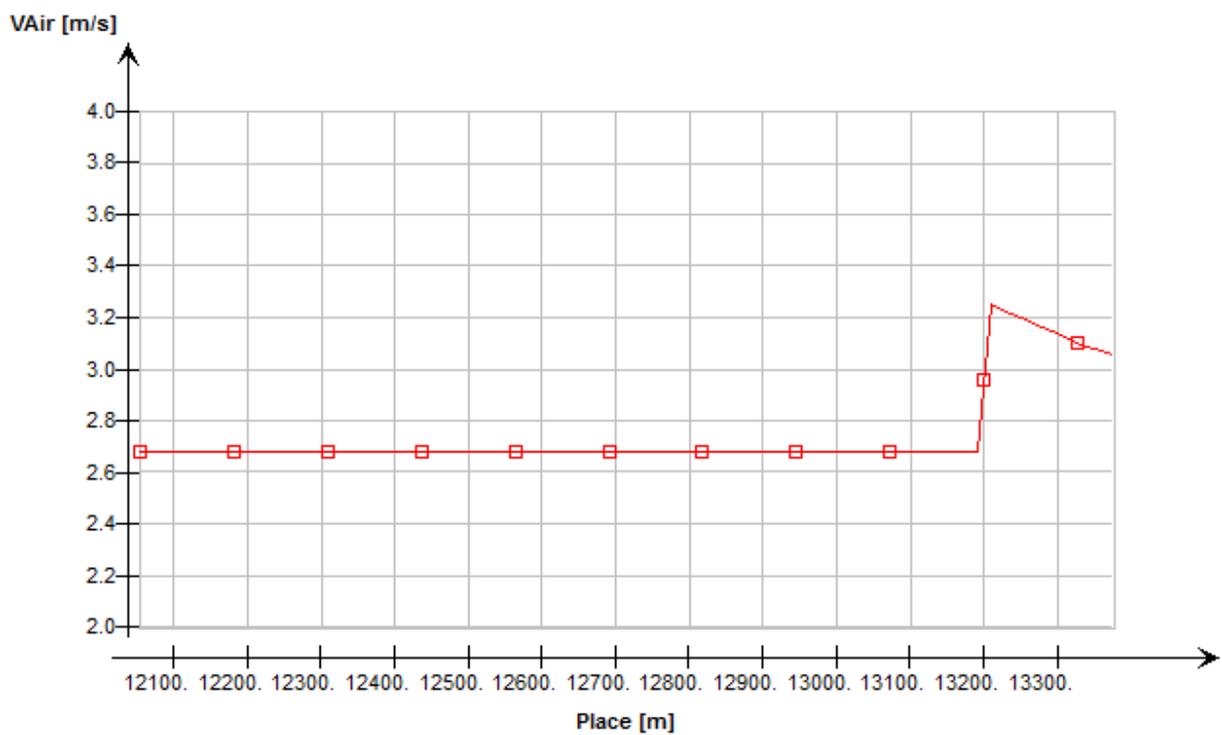
Sentido arrastre humos: hacia Plaza de la Bandera

Pozos de ventilación: PV8: 230 m³/s (impulsión) PV9: 230m³/s (extracción)

Jetfan (F = 943N): JET7-P.K: 12+154 (ON) JET8-P.K: 12+254 (OFF) JET9-P.K: 13+252 (OFF)

Velocidad crítica: 2,16 m/s

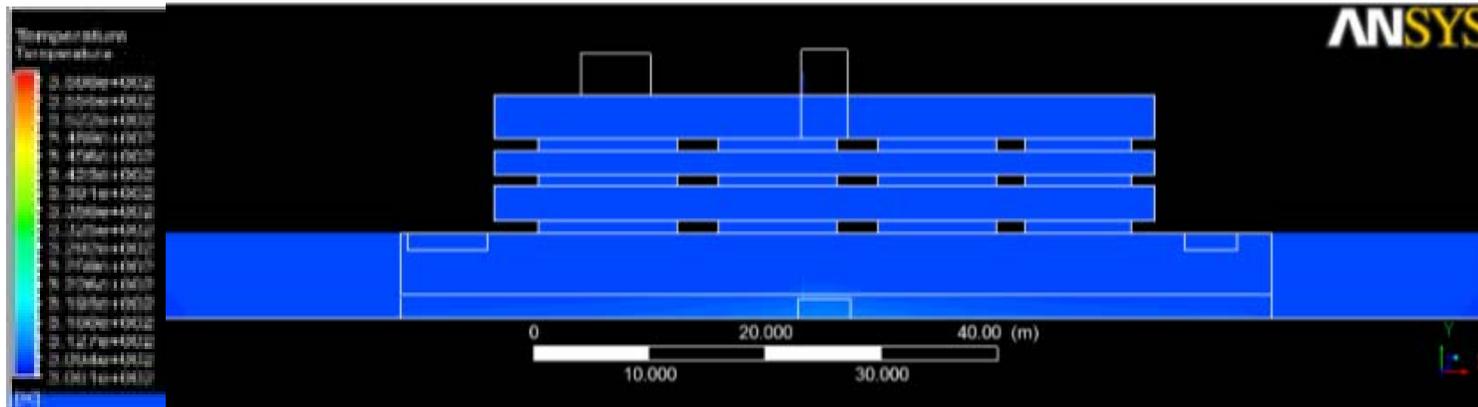
Velocidad obtenida: 2,68 m/s



7.6. INCENDIO DE UN TREN EN ESTACIÓN

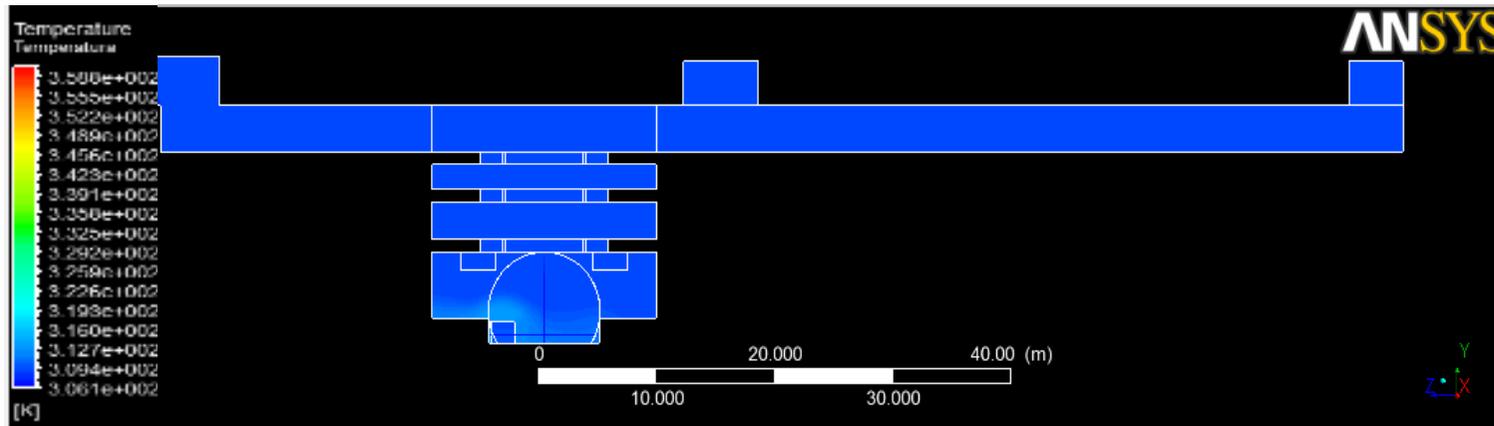
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la simulación 3D de un incendio de un tren en estación, comprobando que no se superan los 60°C en las vías de evacuación, cumpliendo así con el requerimiento de temperatura máxima de la NFPA130.

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 30 segundos de iniciado el incendio



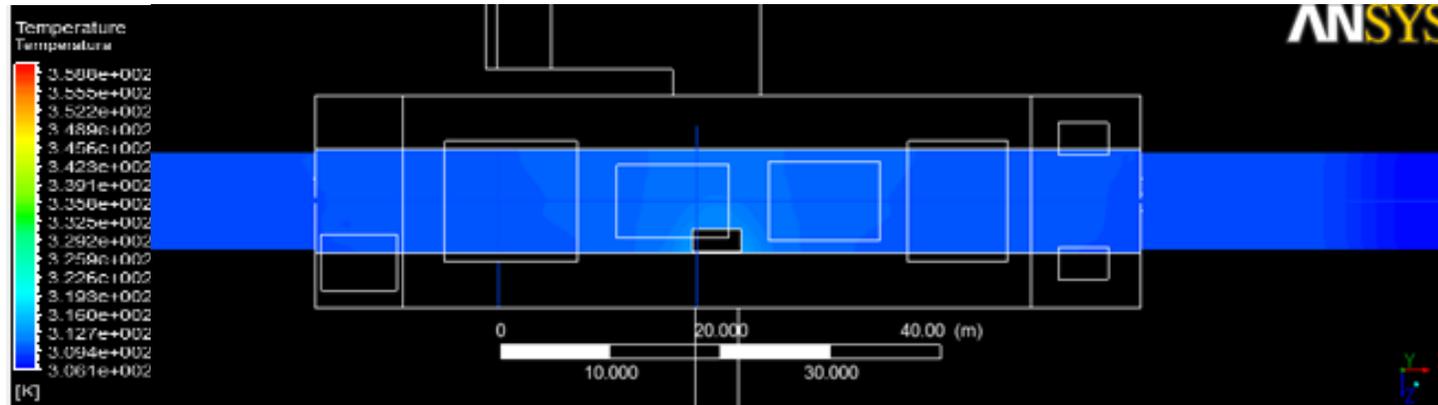
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 30 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados, temperatura promedio de 305 °k (31.8°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



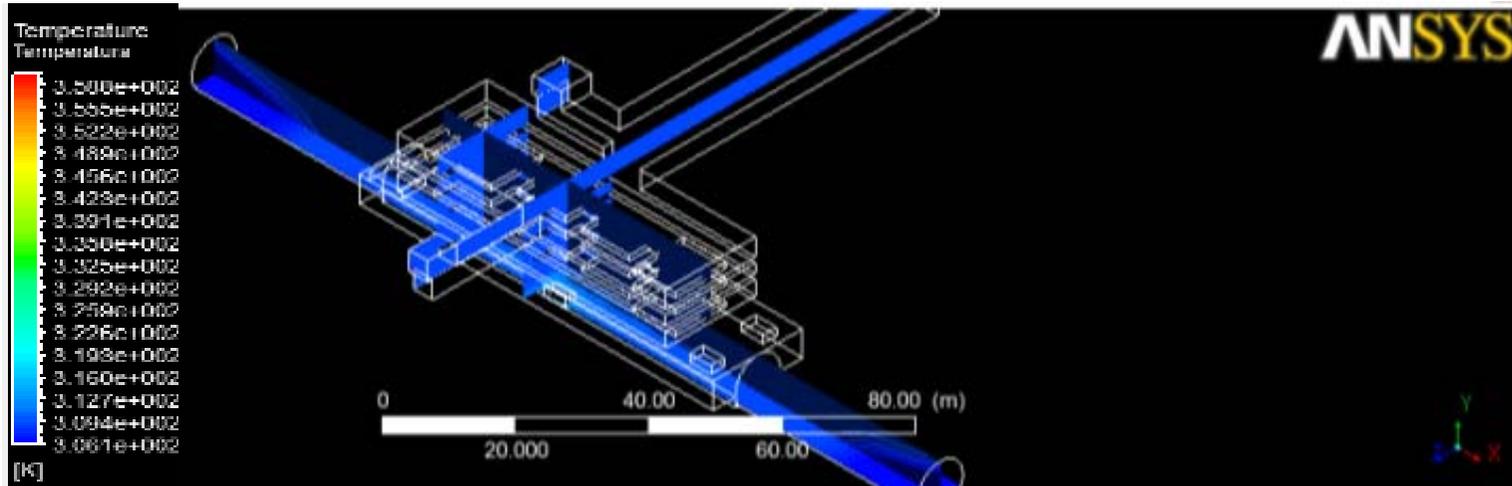
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 30 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados, temperatura promedio de 305 °k (31.8°C), en zona de incendio 319°k (45.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 30 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados, temperatura promedio de 305 °k (31.8°c), en zona de incendio 319°k (45.85 °c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

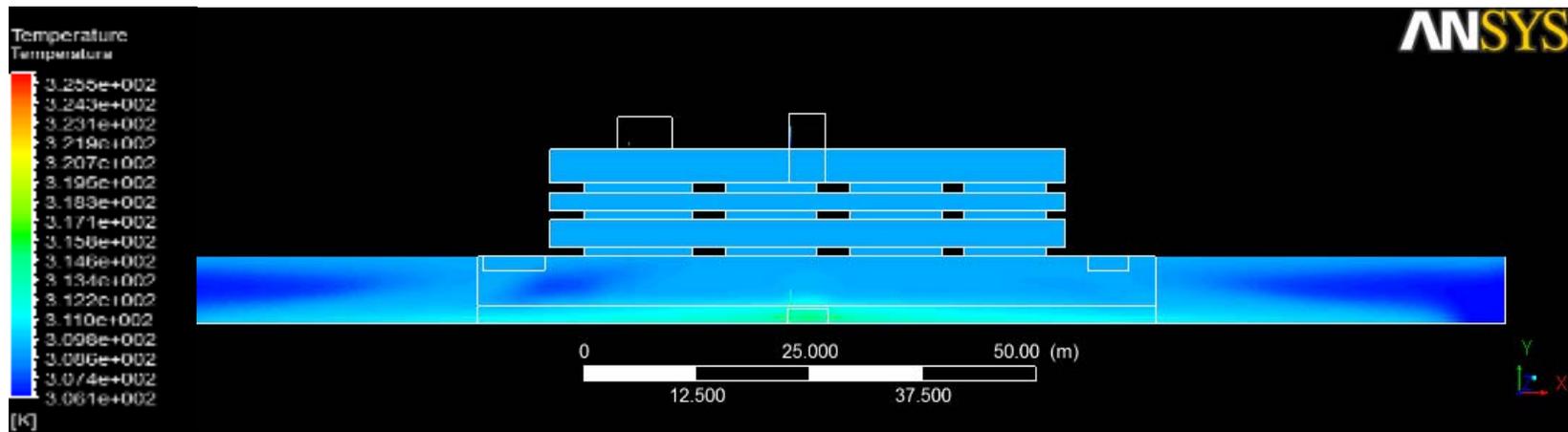


Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 30 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados,

temperatura promedio de 305 °k (31.8°c), en zona de incendio 319°k (45.85 °c)

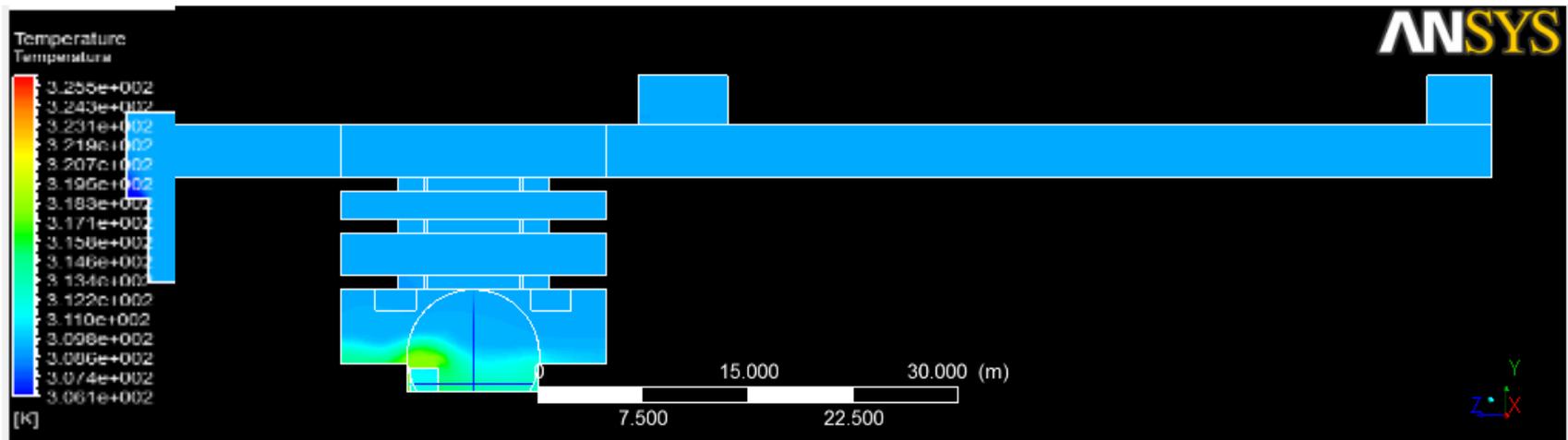
Contornos de temperatura en la estación Catedral a 60 segundos de iniciado el incendio

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



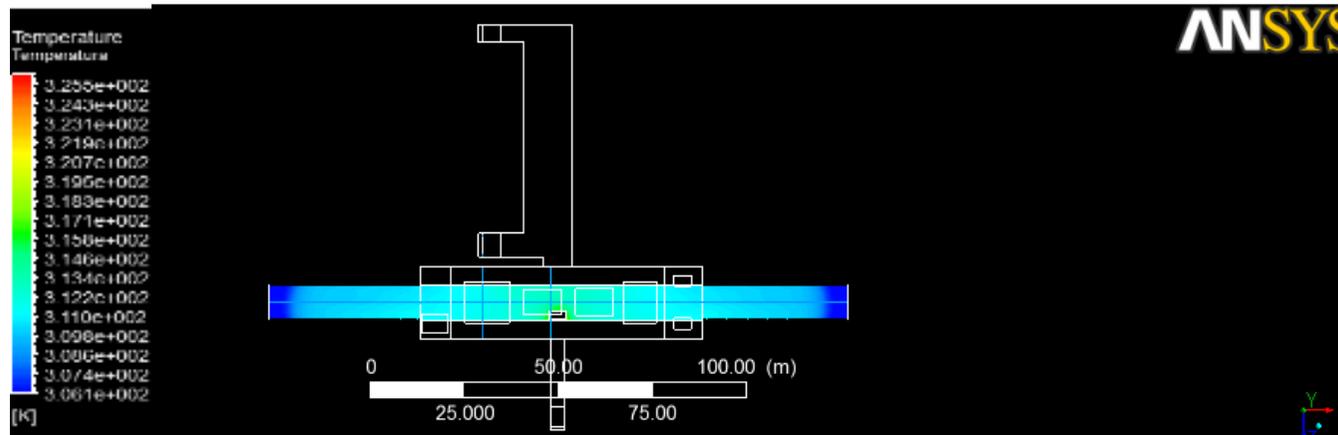
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 60 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados, temperatura promedio de 311 °k (37.85°C), en zona de incendio 319.5°k (46.35°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



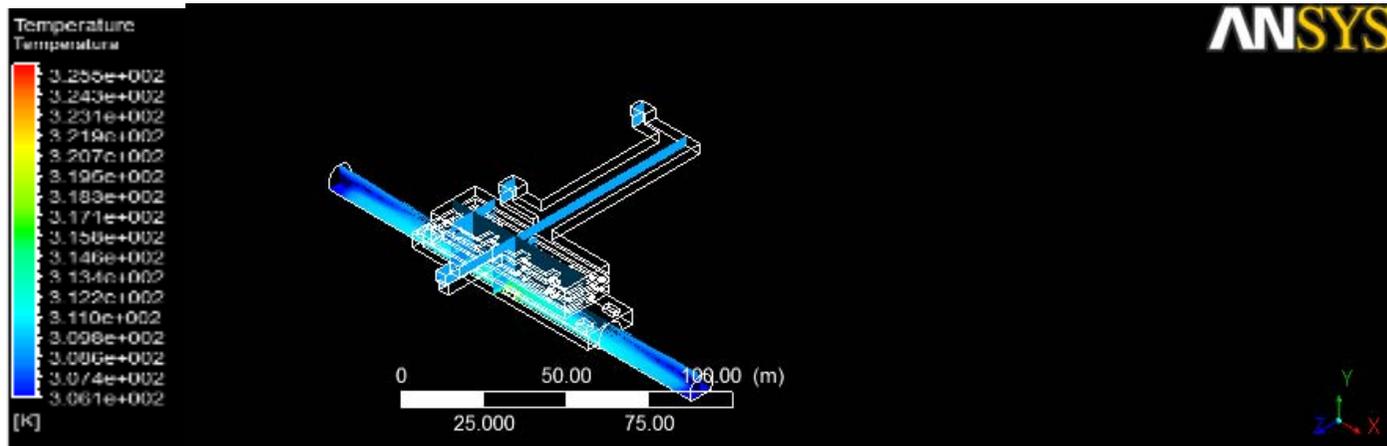
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 60 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados, temperatura promedio de 311 °k (37.85°C), en zona de incendio 319.5°k (46.35°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 60 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados, temperatura promedio de 311 °k (37.85°c), en zona de incendio 319.5°k (46.35°c)

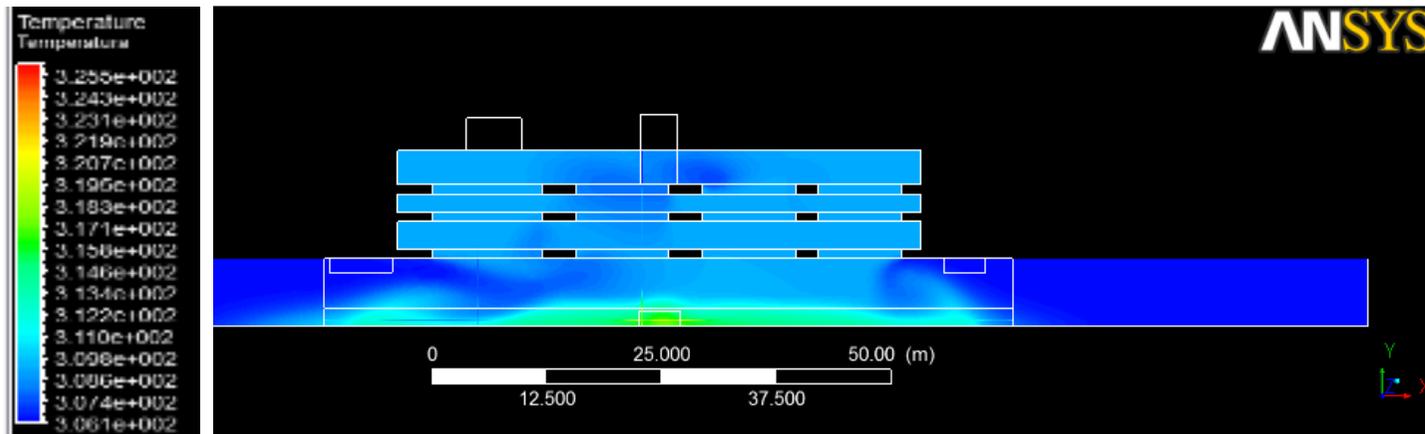
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 60 segundos de iniciado el incendio, ventiladores apagados, temperatura promedio de 311 °k (37.85°C), en zona de incendio 319.5°k (46.35°C)

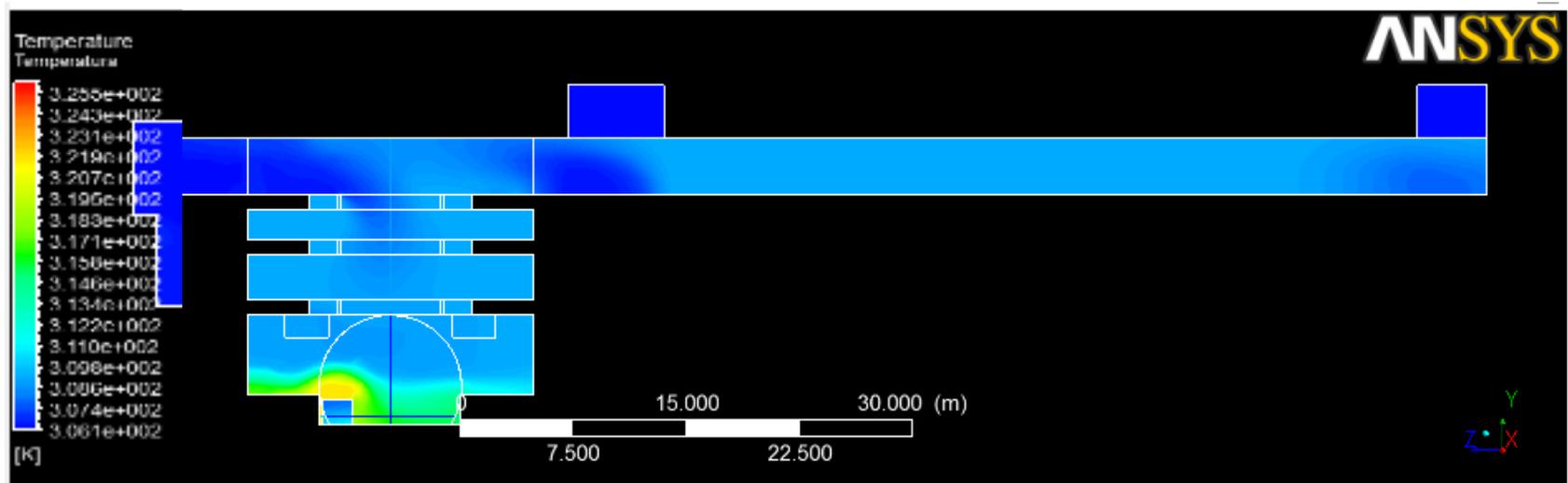
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 90 segundos de iniciado el incendio



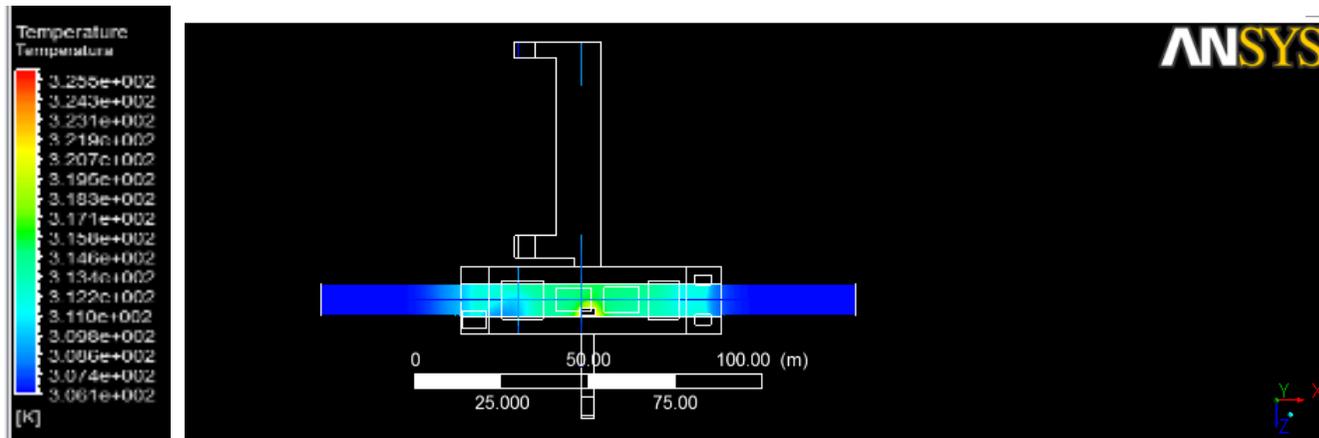
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 90 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 313 °k (39.85°C), en zona de incendio 320.5°k (47.35°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



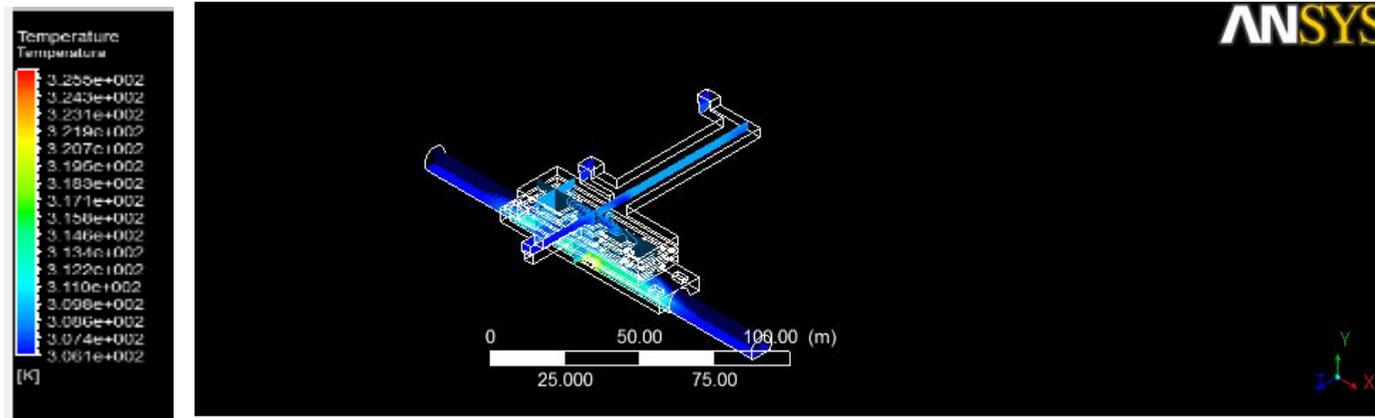
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 90 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 313 °k (39.85°C), en zona de incendio 320.5°k (47.35°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 60 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 313 °k (39.85°c), en zona de incendio 320.5°k (47.35°c)

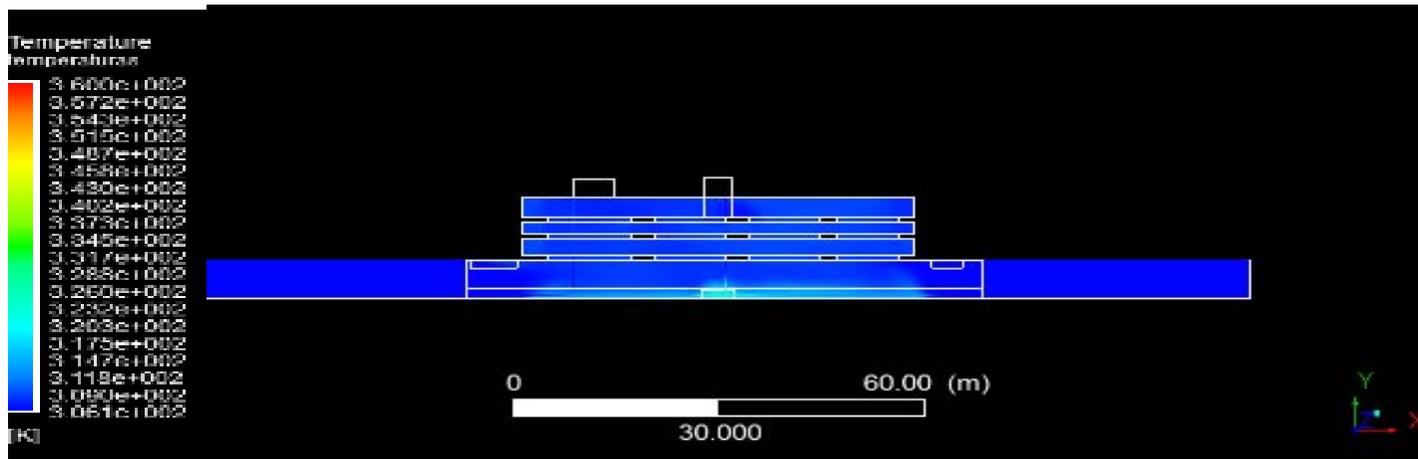
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 90 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 313 °k (39.85°c), en zona de incendio 320.5°k (47.35°c)

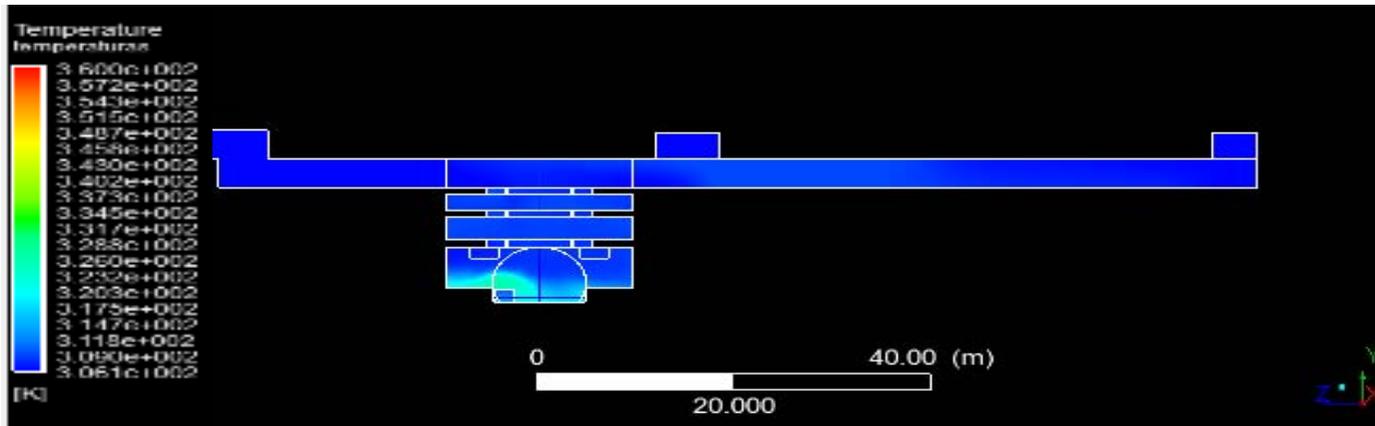
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 120 segundos de iniciado el incendio



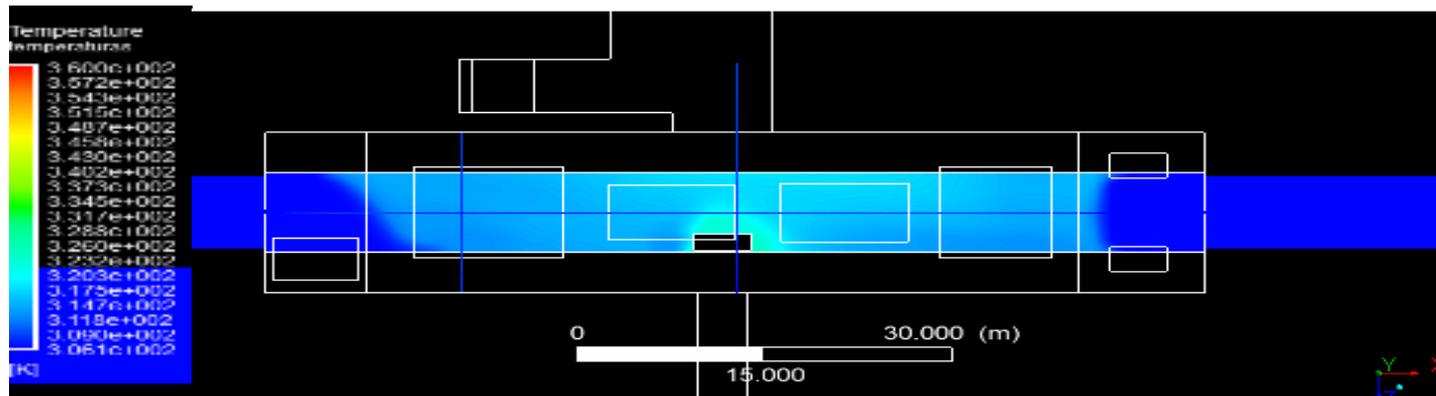
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 120 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 323°k (49.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



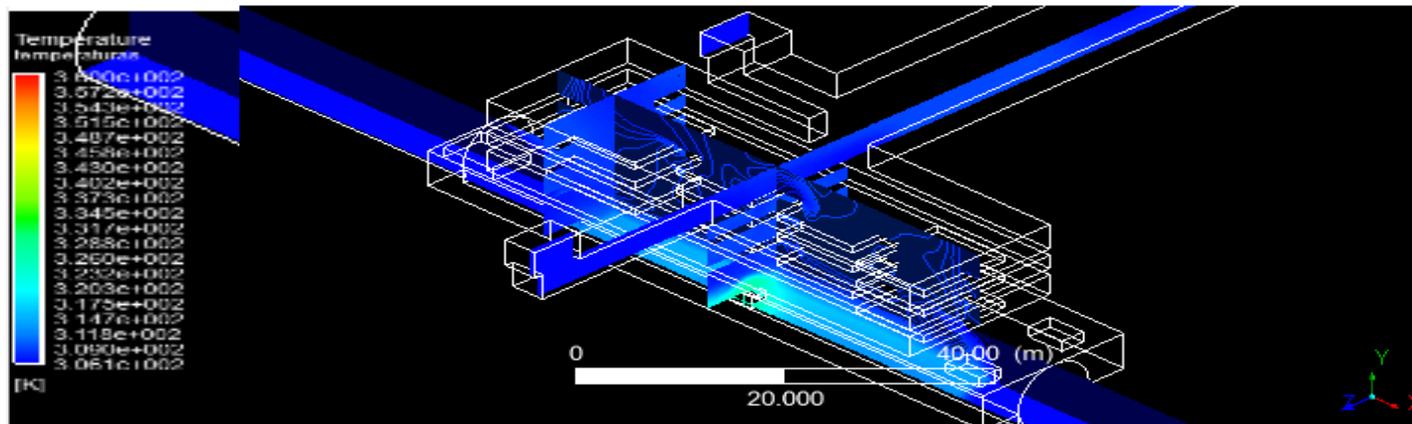
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 120 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°c), en zona de incendio 323°k (49.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 120 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 323°k (49.85°C)

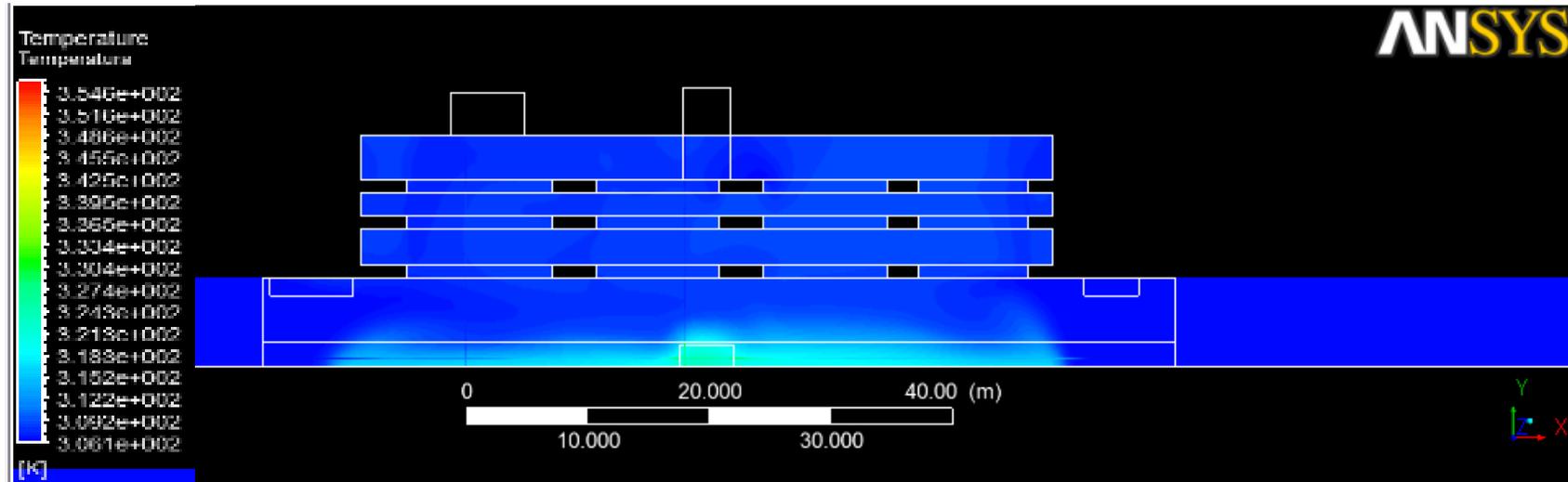
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 120 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°c), en zona de incendio 323°k (49.85°c)

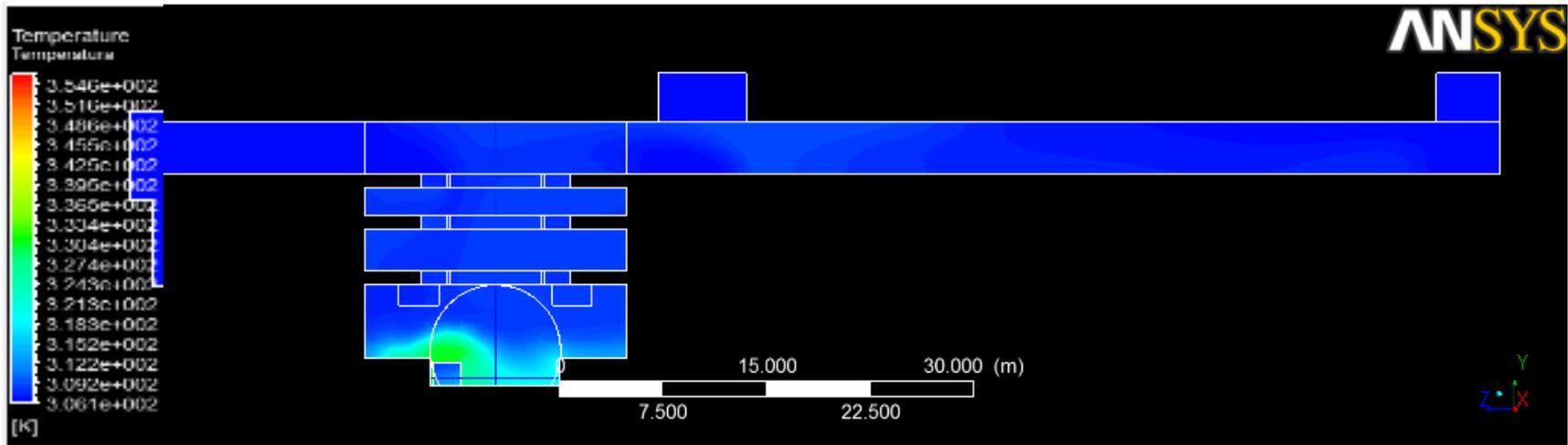
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 150 segundos de iniciado el incendio



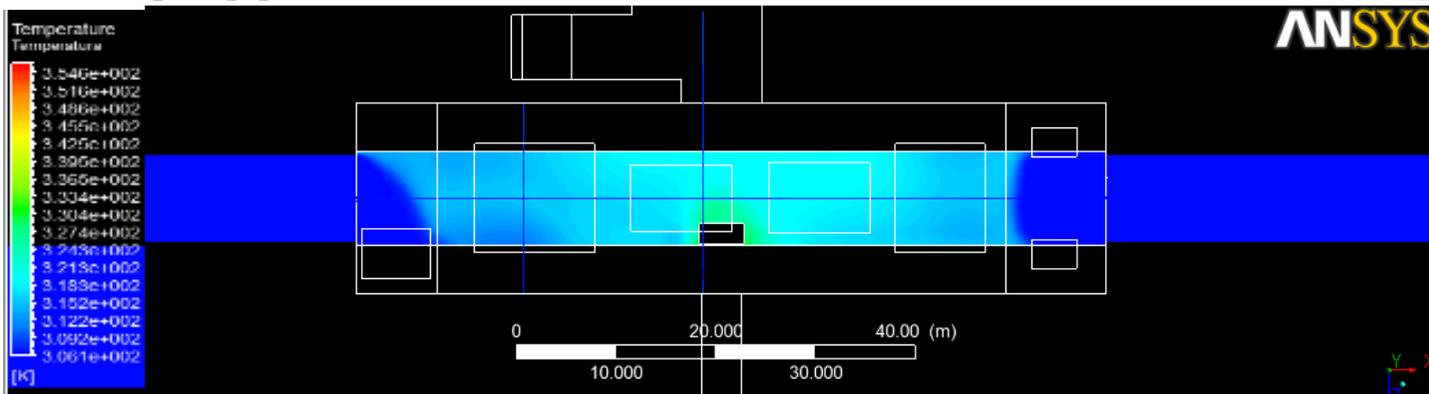
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 150 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 325°k (51.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



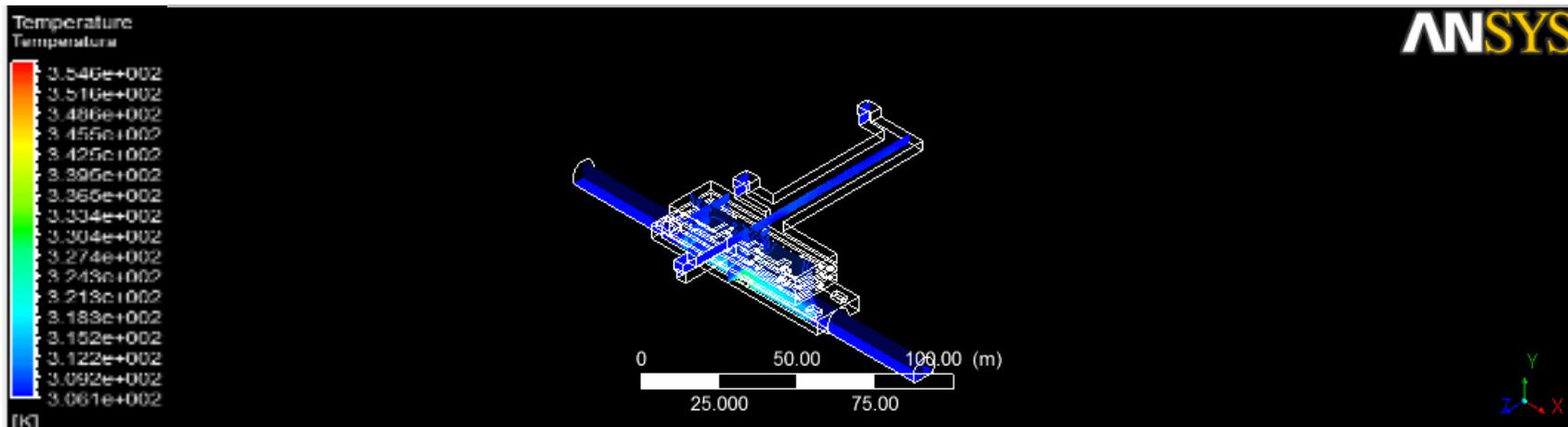
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 150 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 325°k (51.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 150 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 325°k (51.85°C)

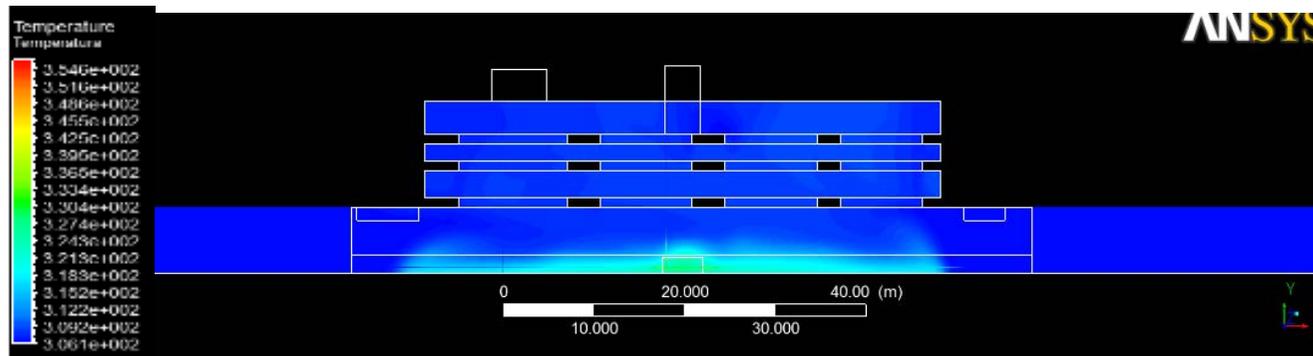
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 150 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 325°k (51.85°C)

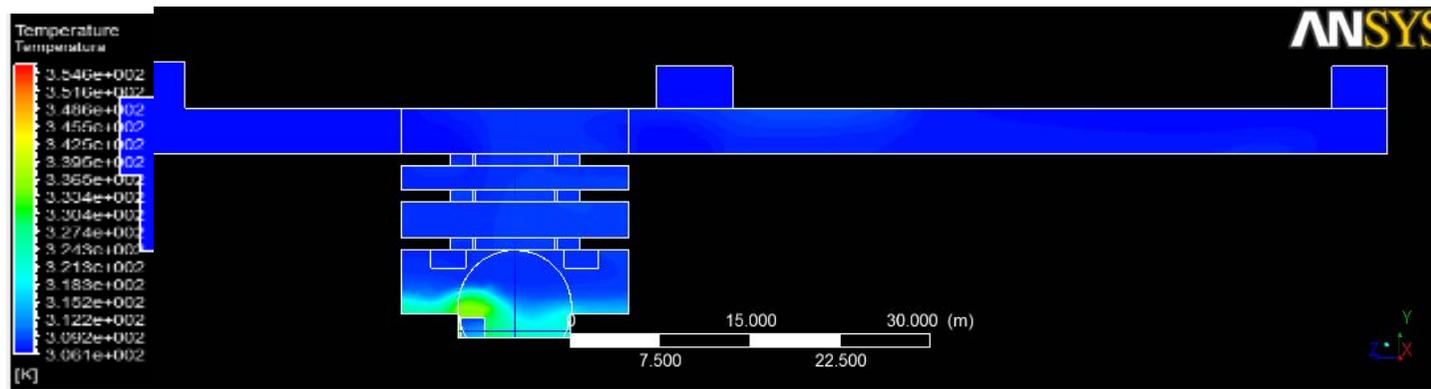
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 180 segundos de iniciado el incendio.



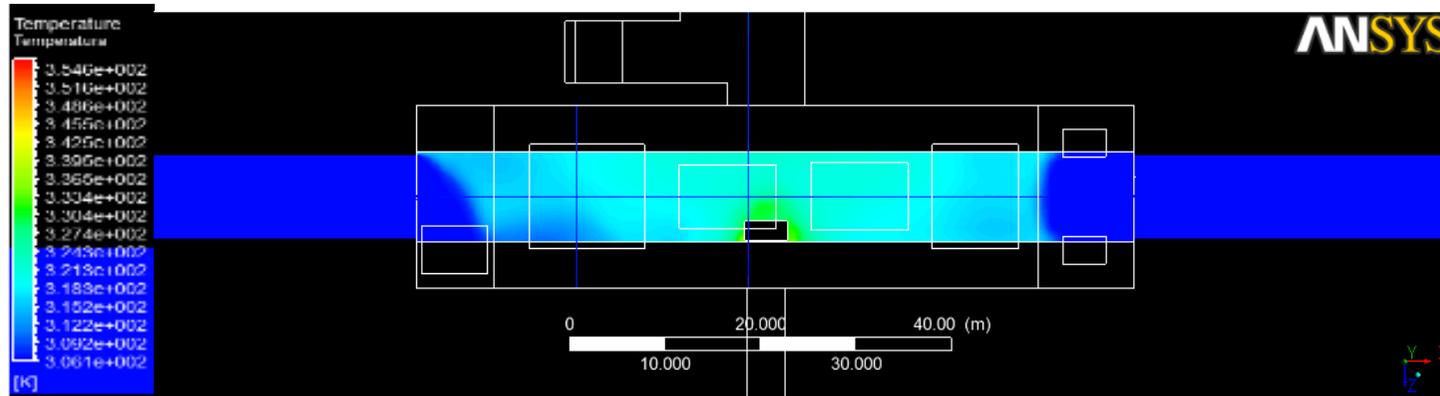
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 180 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 327°k (53.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



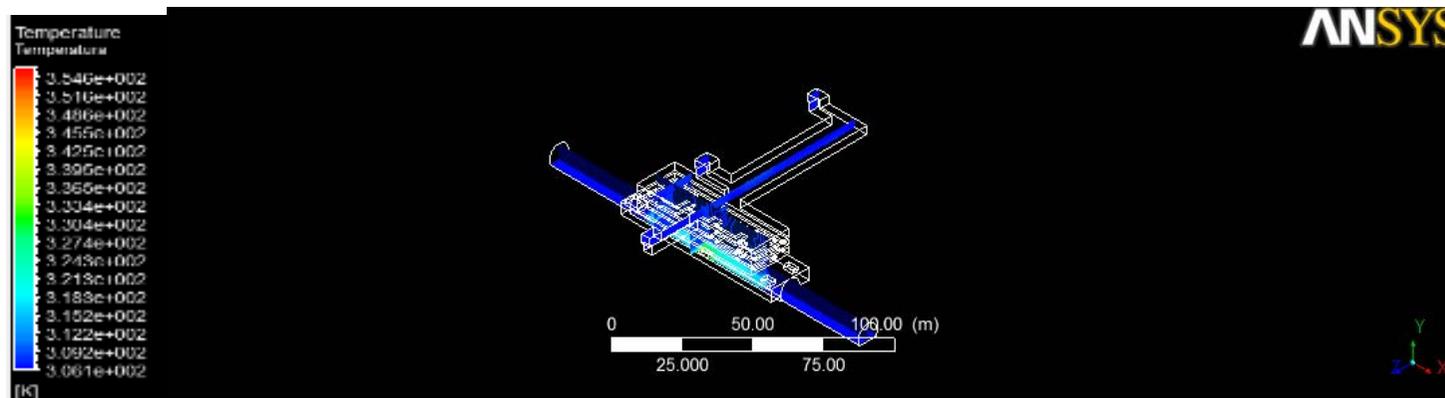
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 180 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°c), en zona de incendio 327°k (53.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 180 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311°k(37.85°c), en zona de incendio 327°k (53.85°c)

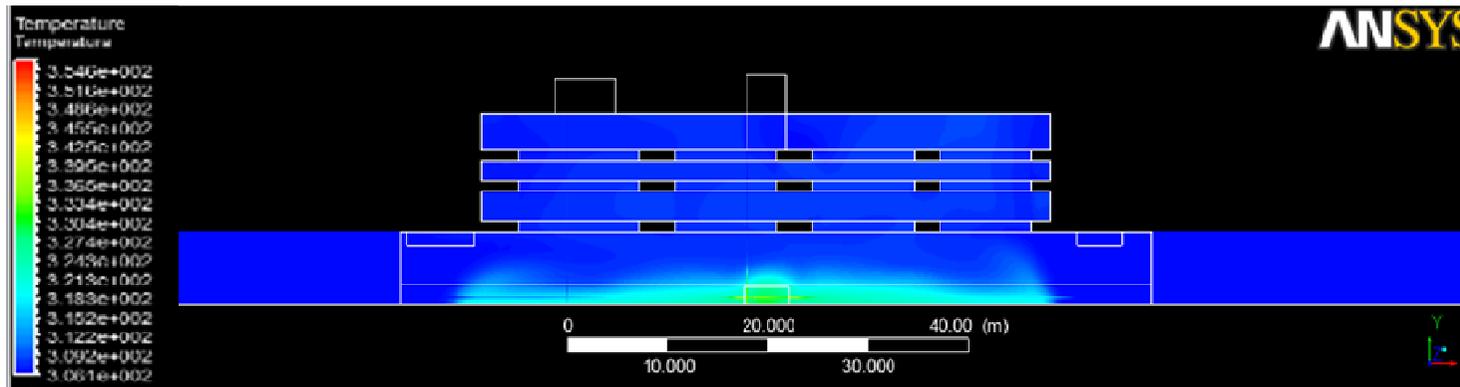
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 180 segundos de iniciado el incendio, Ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°c), en zona de incendio 327°k (53.85°c)

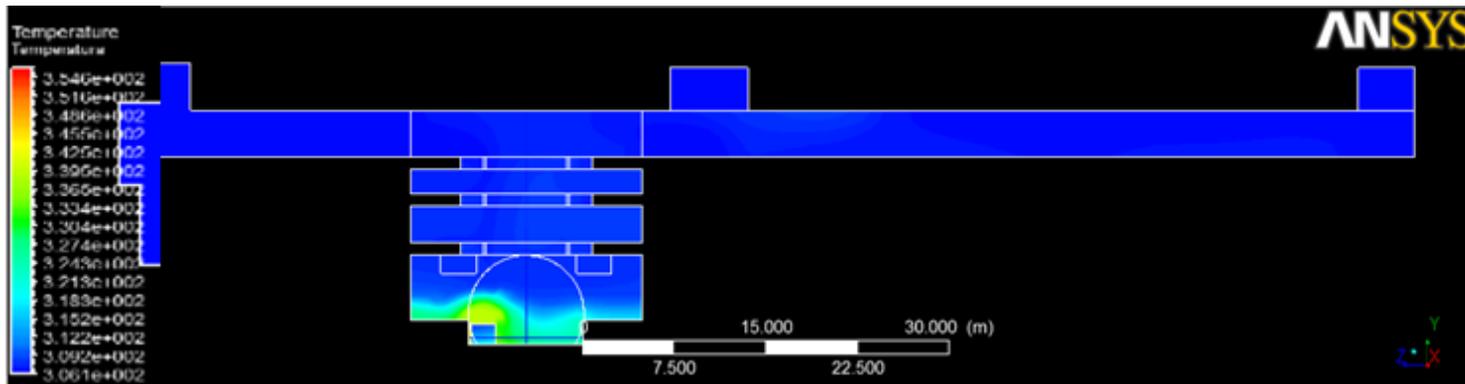
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 210 segundos de iniciado el incendio.



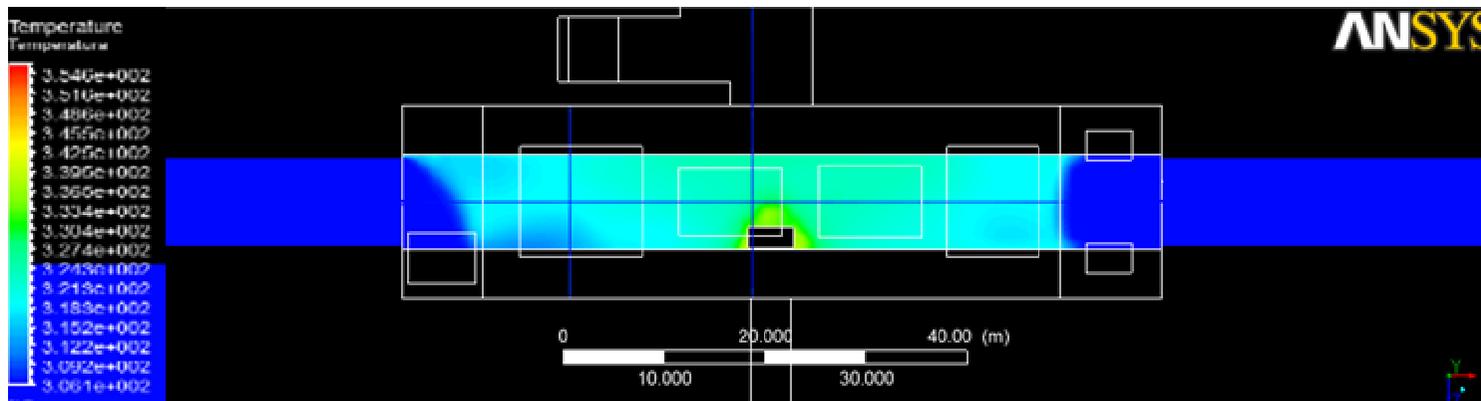
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 210 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k (37.85°c), en zona de incendio 327°k (53.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



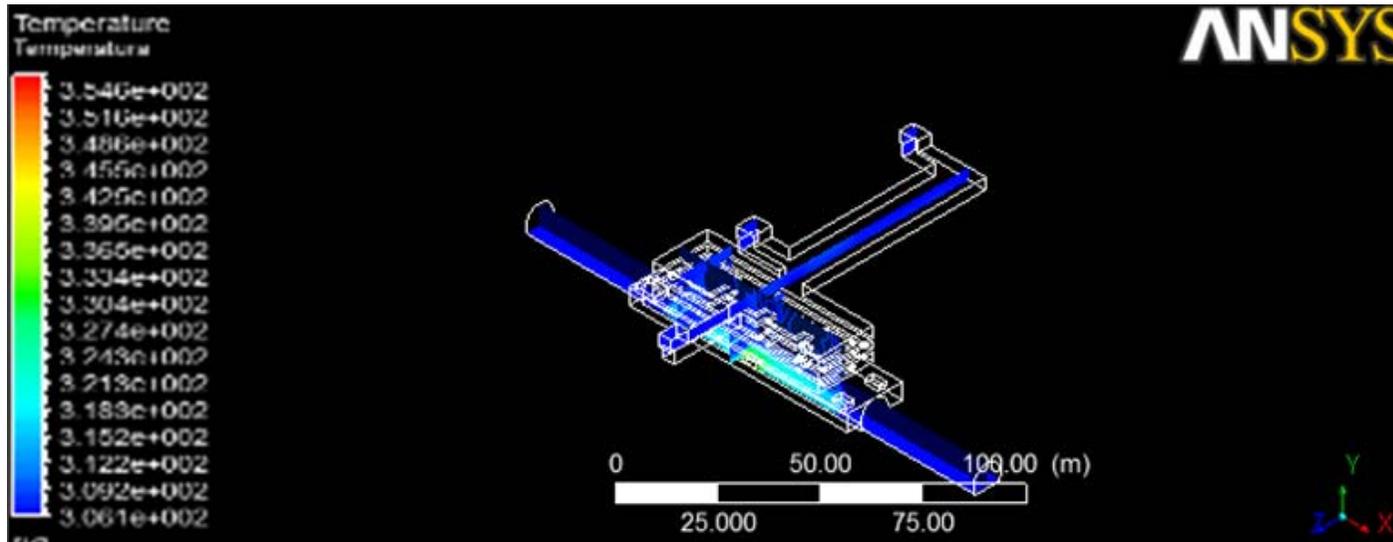
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 210 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 327°k (53.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 210 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°c), en zona de incendio 327°k (53.85°c)

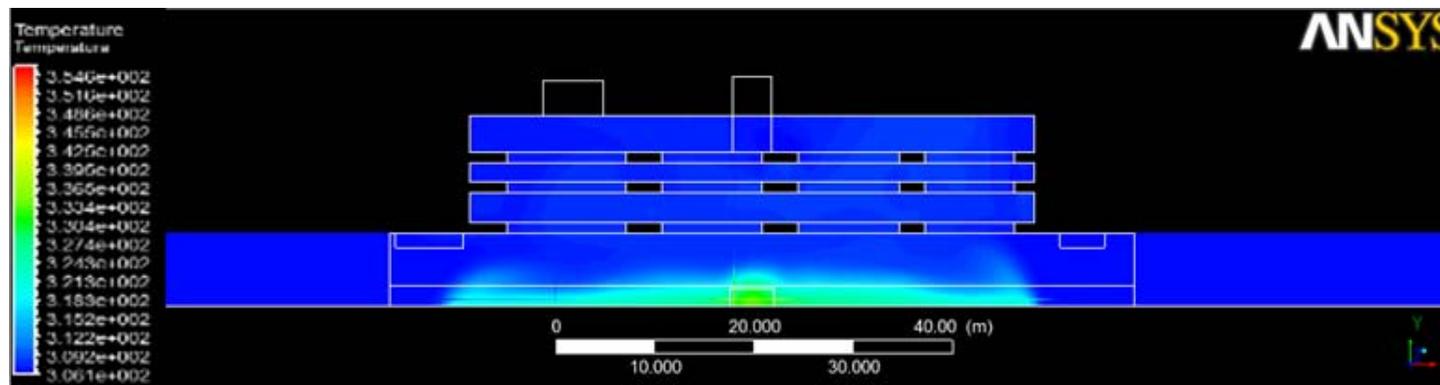
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 210 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 311 °k(37.85°C), en zona de incendio 327°k (53.85°C).

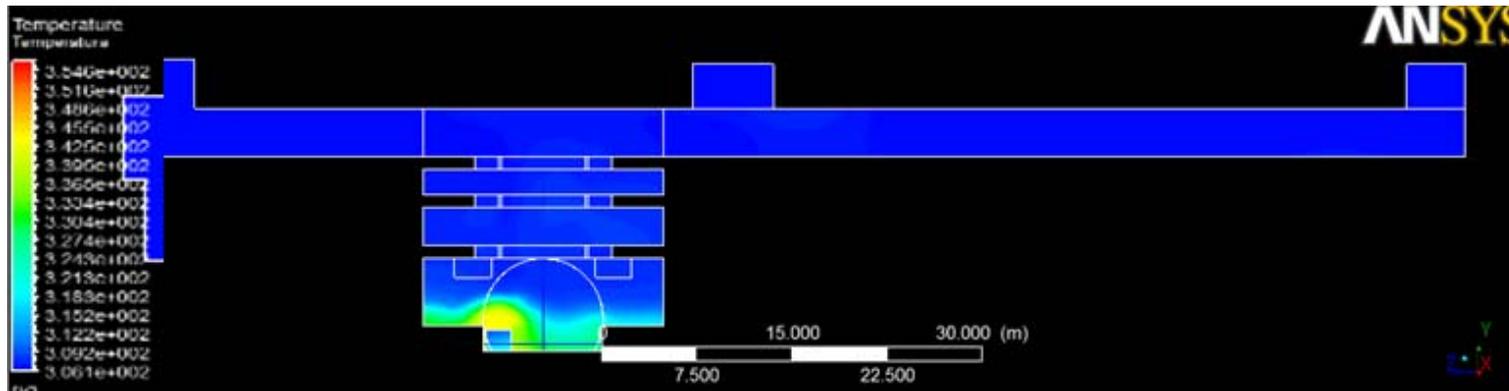
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 240 segundos de iniciado el incendio.



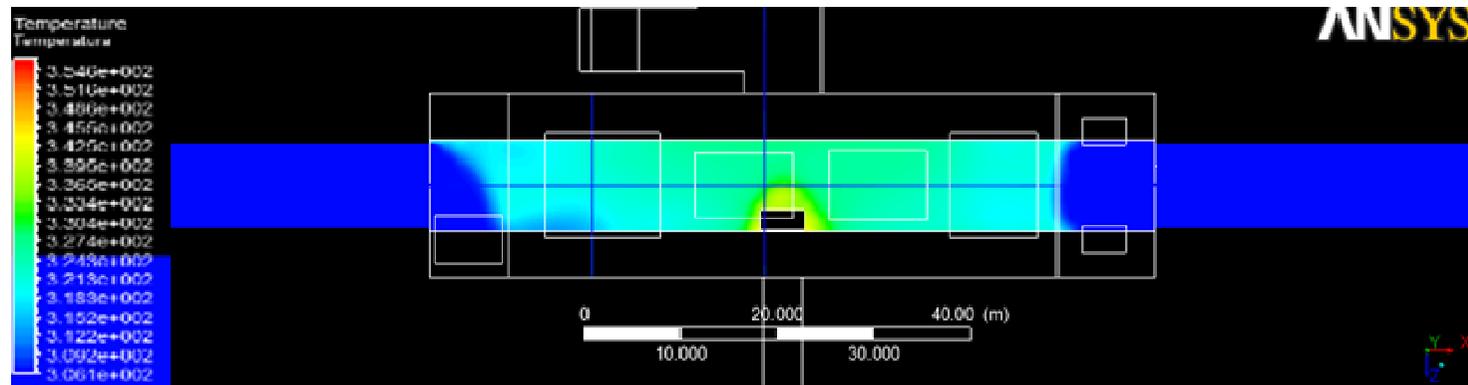
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 240 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 321 °k (47.85°c), en zona de incendio 330°k (56.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



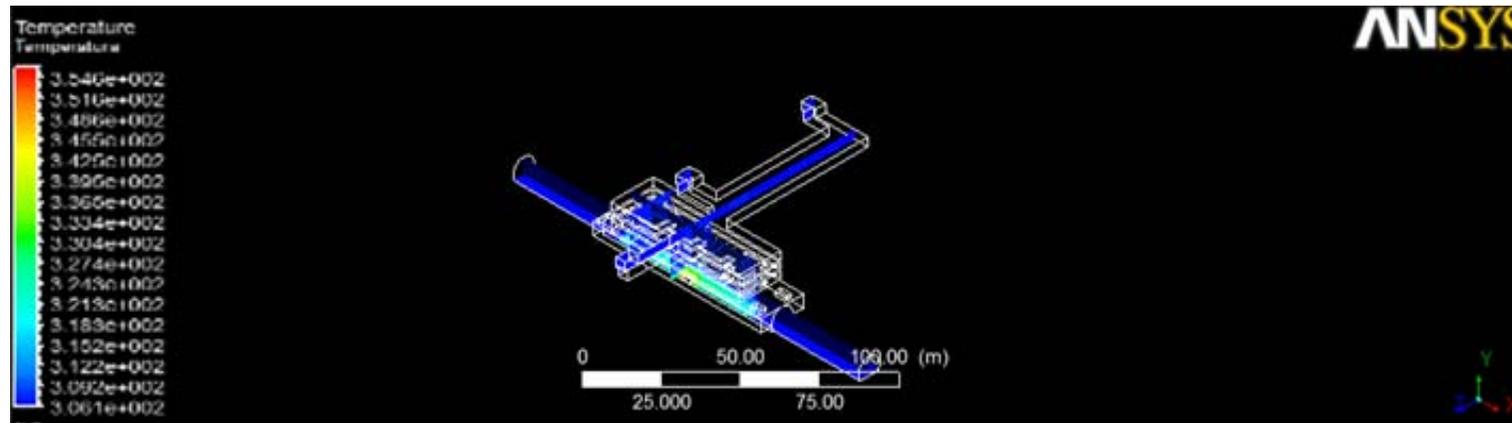
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 240 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 321 °k (47.85°C), en zona de incendio 330°k (56.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 240 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 321 °k (47.85°C), en zona de incendio 330°k (56.85°C)

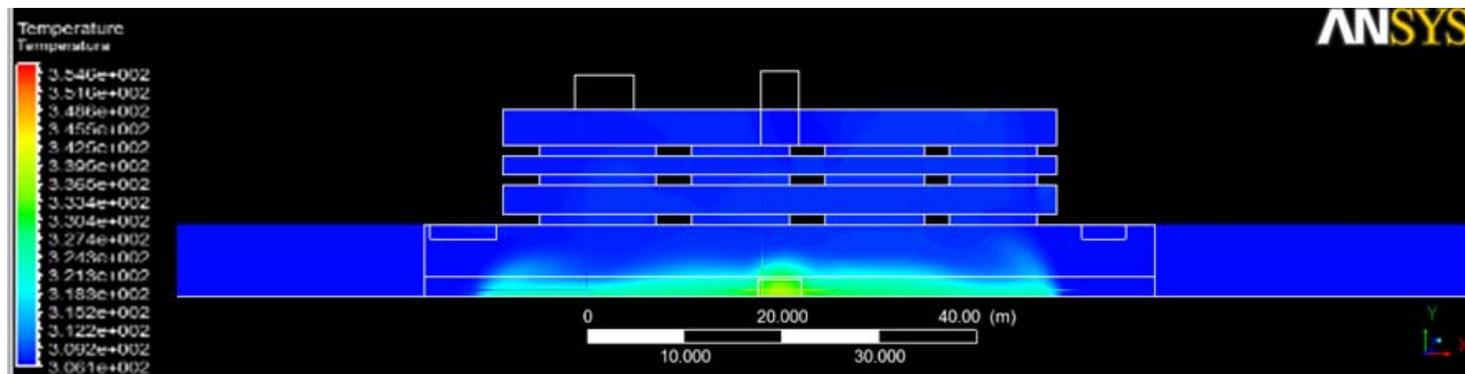
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 240 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 321 °k (47.85°c), en zona de incendio 330°k (56.85°c).

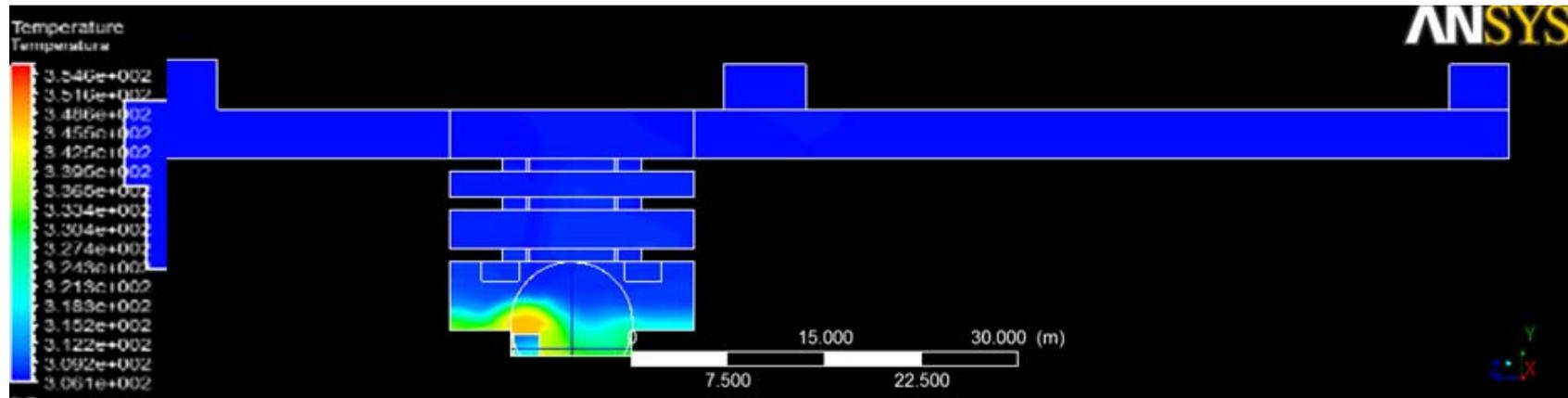
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 270 segundos de iniciado el incendio



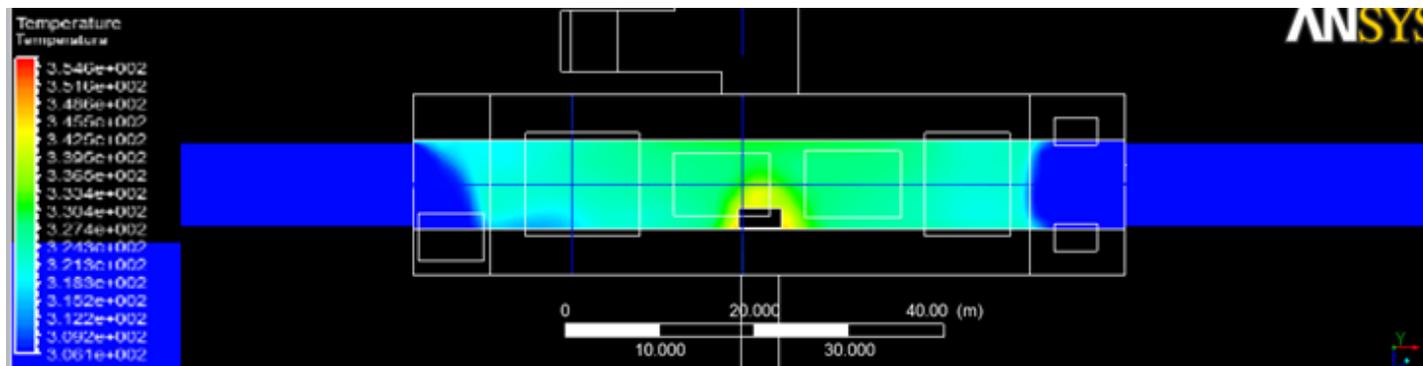
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 270 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



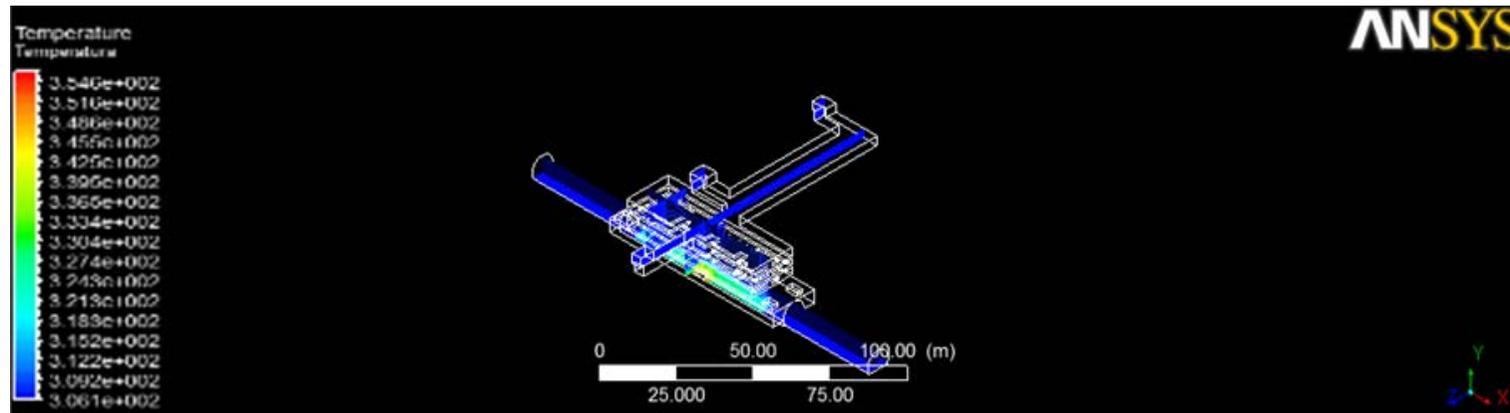
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 270 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°C), en zona de incendio 336°k (62.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 270 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°C), en zona de incendio 336°k (62.85°C)

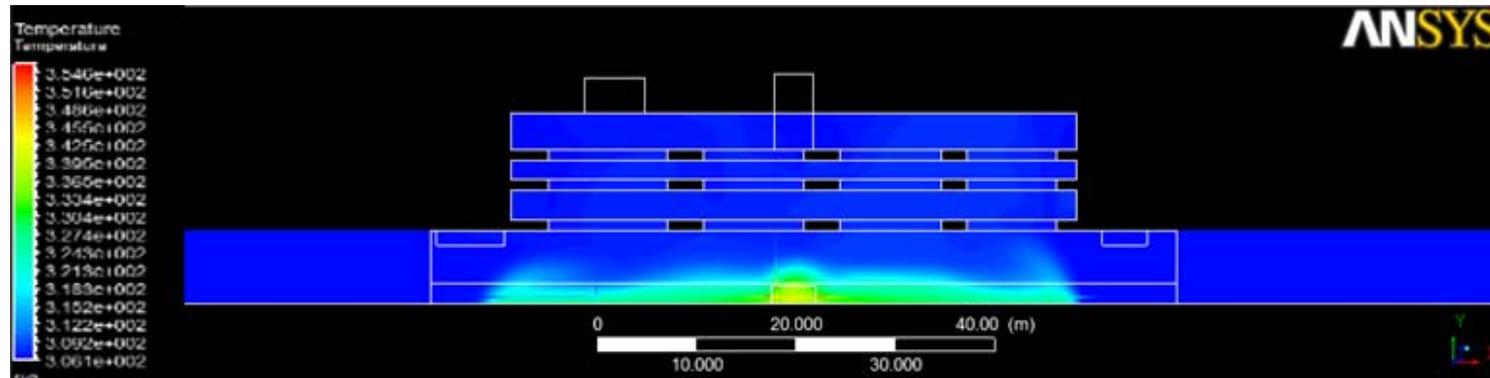
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 270 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

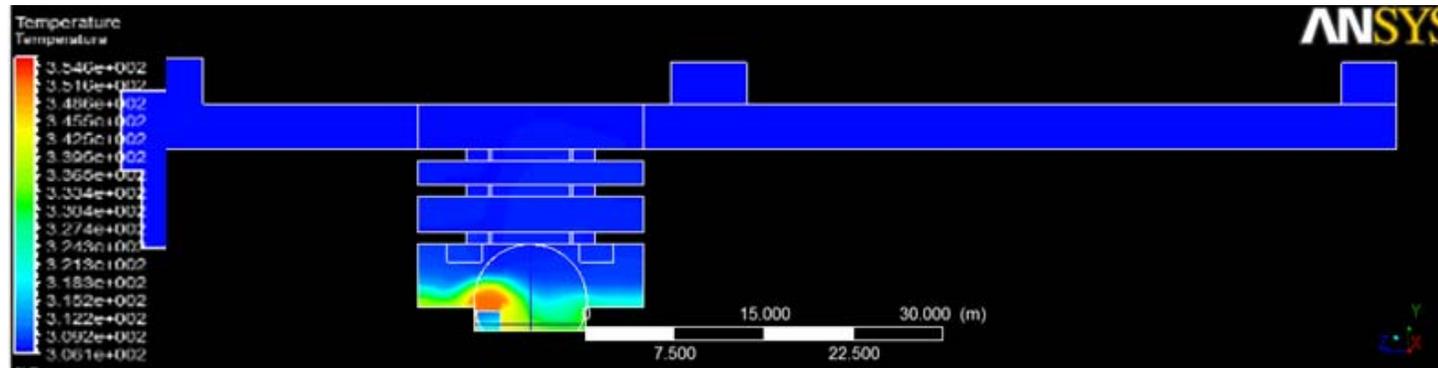
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 300 segundos de iniciado el incendio



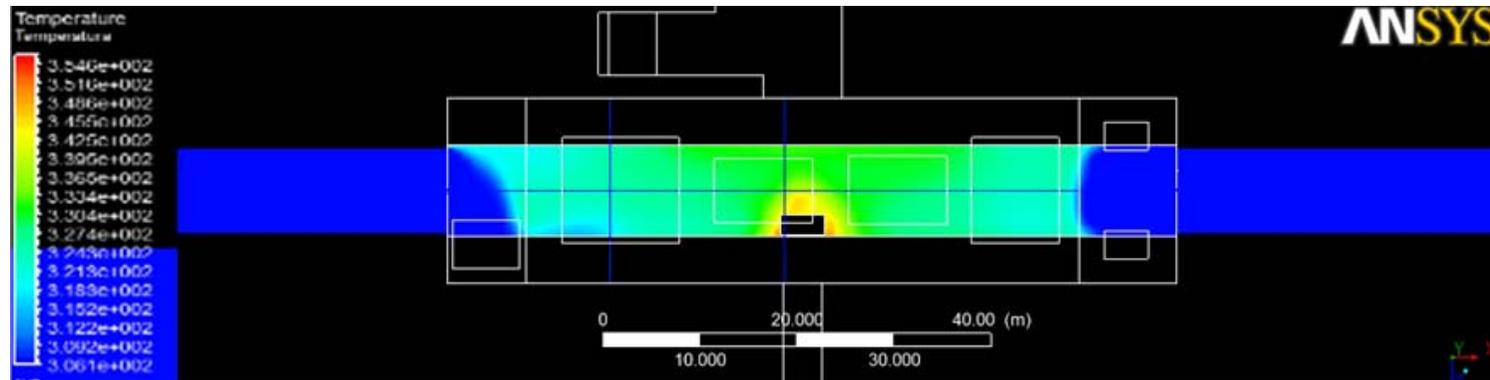
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 300 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°C), en zona de incendio 336°k (62.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



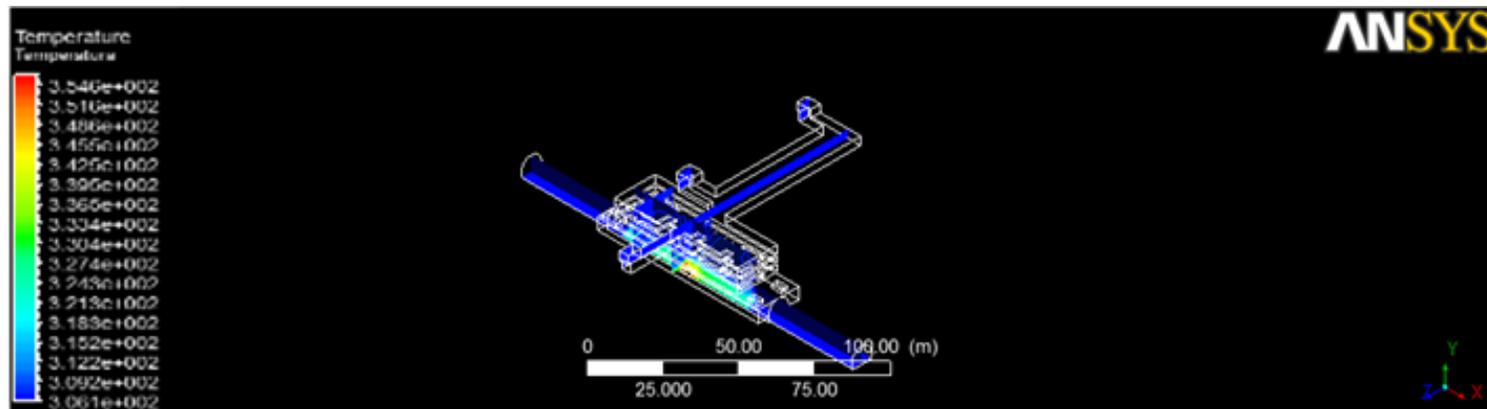
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 300 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 300 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°C), en zona de incendio 336°k (62.85°C)

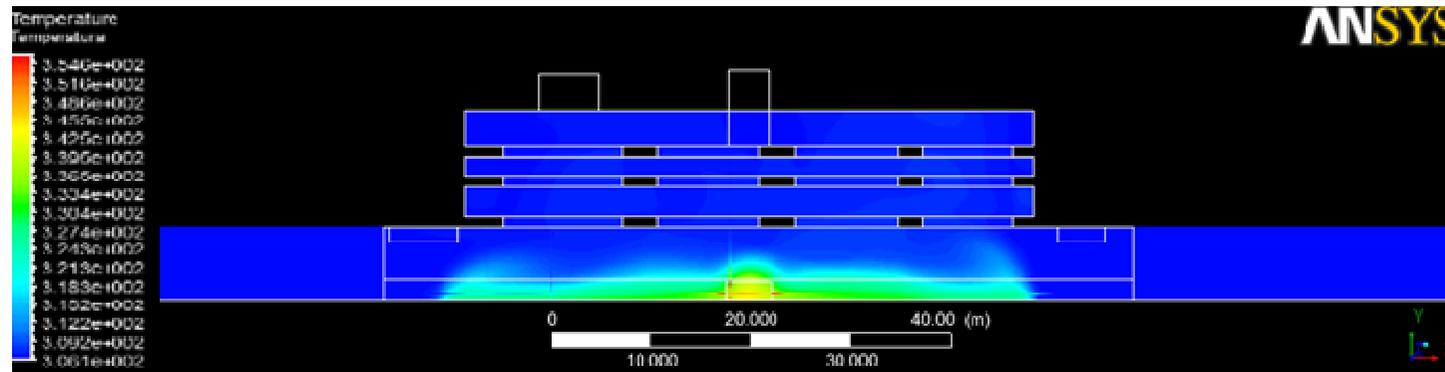
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 300 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

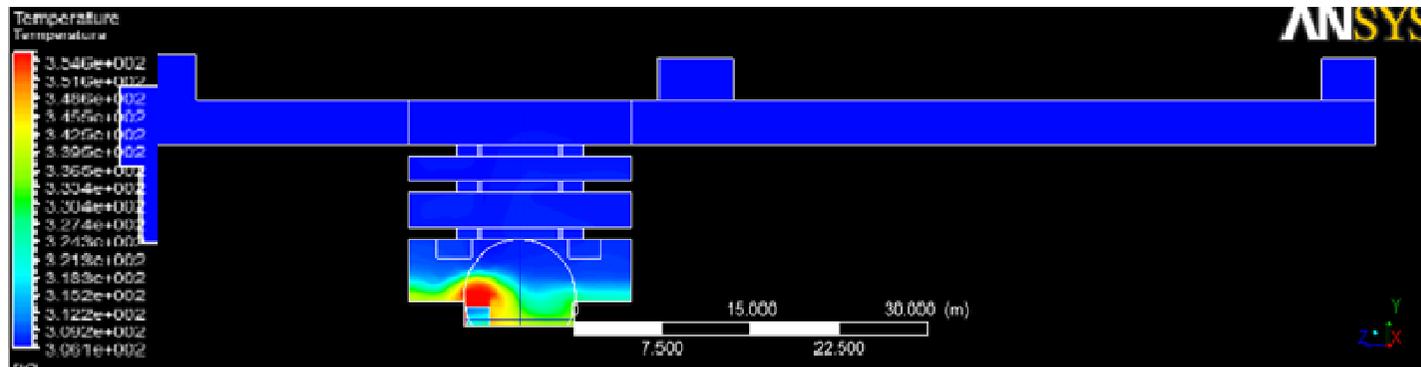
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 330 segundos de iniciado el incendio



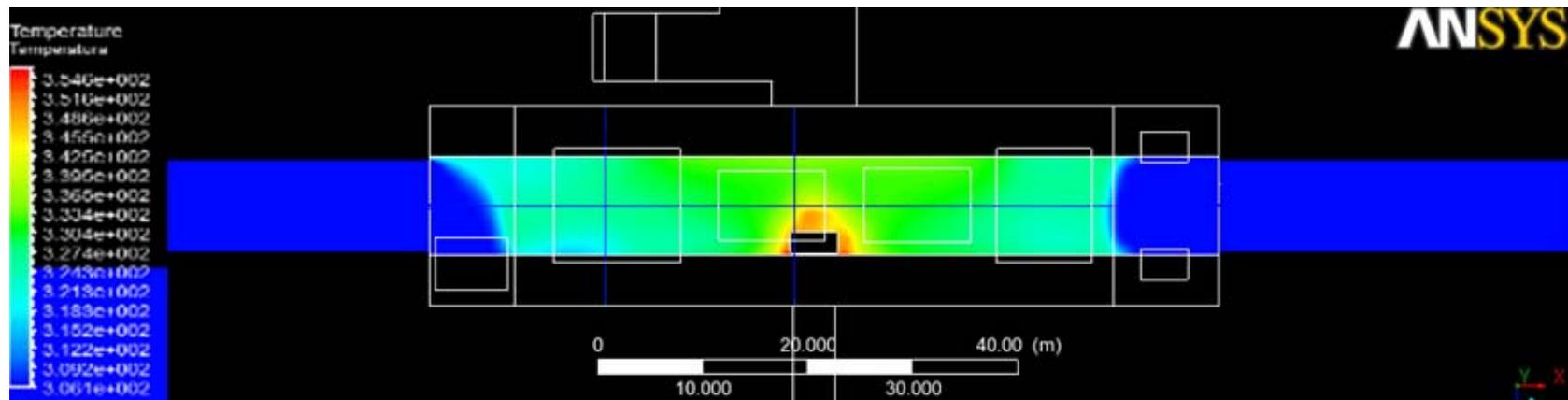
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 330 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



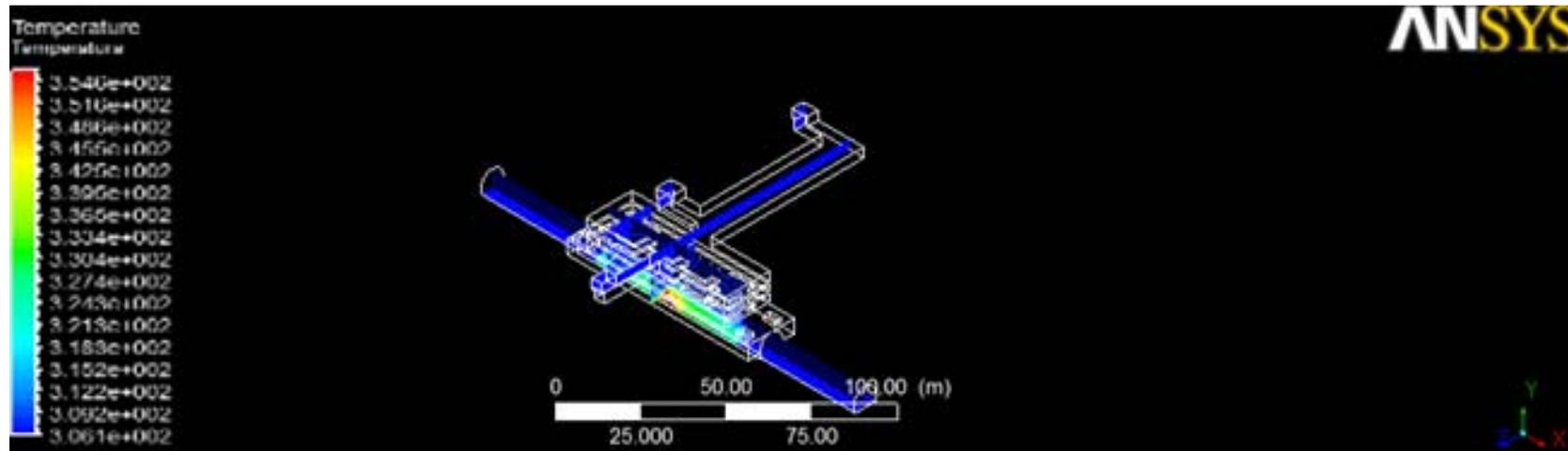
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 330 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 330 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°C), en zona de incendio 336°k (62.85°C)

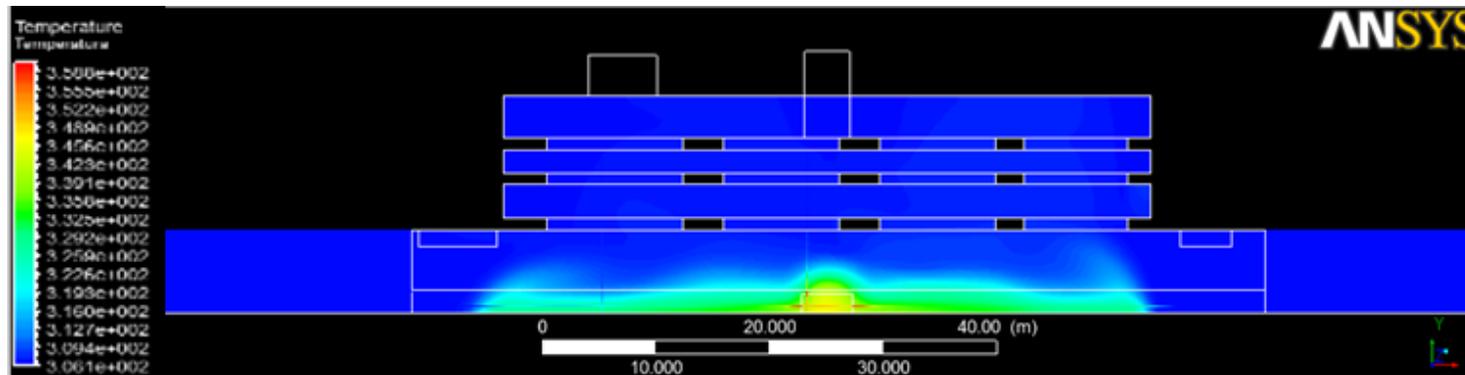
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 330 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

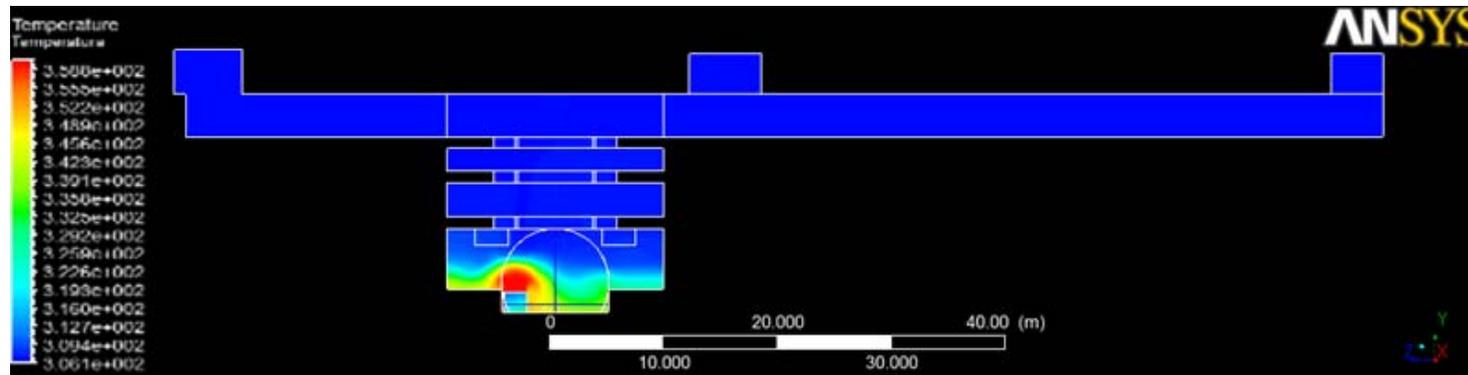
DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS

Contornos de temperatura en la estación Catedral a 360 segundos de iniciado el incendio



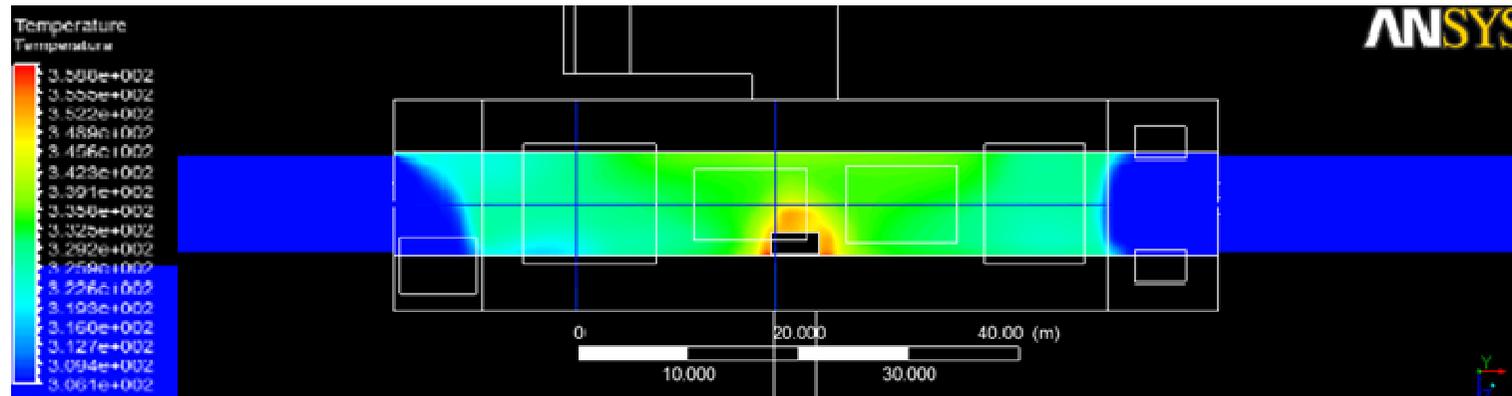
Vista en corte longitudinal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 360 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



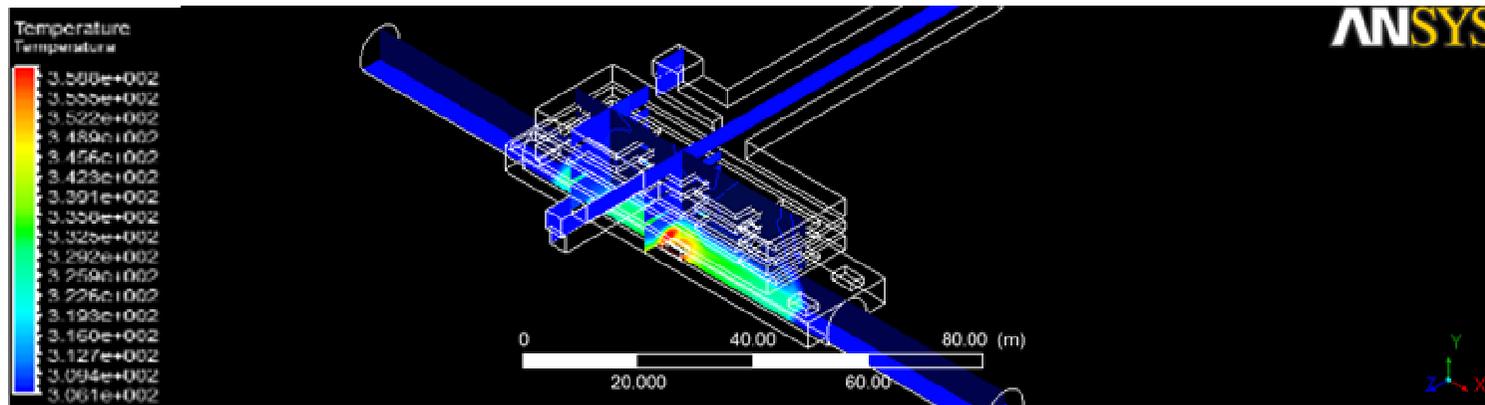
Vista en corte Transversal, contornos de temperatura en la estación Catedral a 360 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en corte en planta a una altura de 1.5 metros sobre el incendio, contornos de temperatura en la estación Catedral a 360 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°C), en zona de incendio 336°k (62.85°C)

DGTFM2112-ME-B00-EMVEN ESTUDIO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE HUMOS



Vista en isométrico, contornos de temperatura en la estación Catedral a 330 segundos de iniciado el incendio, ventiladores funcionando, temperatura promedio de 327 °k (53.85°c), en zona de incendio 336°k (62.85°c)