

TUTORIAL DE CASO

INCENDIO EN UNA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE TANQUES CASO DE ESTUDIO

EMERGING TECHNOLOGIES AGAINST FIRES AND
EXPLOSIONS



Second edition (2023)

**Training for the prevention of fires and explosions through the use of data analysis and simulation
Project TSP2021\100311**

Royal Academy of Engineering/Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

Authors

Luis Francisco Vallejo-Molina, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

Sebastián López-Gómez, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

David Alejandro Soto-Gómez, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

Andrés Fernando Ortiz-Prada, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

Henry Copete, Soluciones Energéticas y de Automatización

Jorge Martín Molina-Escobar, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

Alejandro Molina, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

ACKNOWLEDGMENTS

This document was created under project TSP2021\100311, financed by the Royal Academy of Engineering. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín was responsible for the project that aims to enable engineers working in the Colombian industry to enhance their knowledge and develop tools to prevent and manage unintentional fires and explosions.

This document is authored by Luis Francisco Vallejo-Molina, Sebastián López-Gómez, David Alejandro Soto-Gómez, Andrés Fernando Ortiz-Prada, Jorge Martin Molina-Escobar, and Alejandro Molina from the Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín and Henry Copete from Soluciones Energéticas y de Automatización.

The content of this document may be distributed and implemented in undergraduate programs and graduate courses as long as the credits corresponding to Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín are established.

ÍNDICE

[1. INTRODUCCIÓN](#)

[2. PRERREQUISITOS](#)

[3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA](#)

[4. CONSTRUCCIÓN DEL CASO](#)

[4.1. Condiciones generales de simulación](#)

[4.2. Geometría y malla](#)

[4.3. Propiedades del incendio](#)

[4.3.1. Superficie de incendio](#)

[4.4. Definición de materiales](#)

[4.5. Definición de obstrucciones](#)

[4.5.1. Tanques con un solo paralelepípedo](#)

[4.5.2. Tanques con conjuntos de paralelepípedos \(cilíndricos\)](#)

[4.5.3. Dique de contención](#)

[4.6. Definición de condiciones de frontera](#)

[4.7. Variables de visualización](#)

[4.7.1. Visualización sobre las superficies de las obstrucciones](#)

[4.7.2. Planos de corte para visualización](#)

[4.7.3. Dispositivos de medición](#)

[4.8. Cierre de archivo de instrucciones](#)

[5. SOLUCIÓN DEL CASO](#)

[6. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS](#)

[7. ACTIVIDAD](#)

[REFERENCIAS](#)

[ANEXOS](#)

[1. Instrucciones para crear todos los tanques](#)

1. INTRODUCCIÓN

“*Fire Dynamics Simulator*” (FDS) es probablemente el software más usado en el análisis de la dinámica de incendios para el diseño por desempeño, desarrollado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (“*National Institute of Standards and Technology*”, NIST); realiza una simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD), en la que emplea un modelo de turbulencia de simulación de grandes remolinos (Large-Eddy Simulation - LES). Se acompaña de un software (SMV - “*smokeview*”) que permite visualizar los resultados.

Este tutorial indica cómo simular un incendio de un líquido inflamable derramado sobre el dique de contención, posterior a la explosión de un tanque, en una instalación de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables. Los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables son muy comunes en la industria química y ante un incendio en un tanque, se puede generar una reacción en cadena, o efecto dominó que afecta a los demás tanques cercanos, debido a factores como la carga térmica (convección y radiación) entre otros. El objetivo del tutorial es simular los primeros 30 segundos del incendio teniendo en cuenta las variaciones de la velocidad del viento en el ambiente y determina la carga de radiación que llega sobre la superficie de los demás tanques

Este tutorial muestra cómo realizar las siguientes acciones:

- Construir la geometría y mallado en FDS
- Definir un incendio primario con una HRR específica
- Definir las propiedades del líquido inflamable
- Representar los tanques de almacenamiento
- Definir condiciones de frontera
- Definir condiciones ambientales, como velocidad del viento
- Determinar la radiación que llega a la superficie de los otros tanques

2. PRERREQUISITOS

Este tutorial asume que el lector tiene conocimientos básicos de simulación y termodinámica.

Se requiere que el estudiante descargue e instale el programa FDS y SMV en el siguiente [enlace](#).

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El dominio computacional, y la geometría que se usa en este tutorial se muestran en la [Figura 1](#). En líneas negras, se demarca el dominio computacional de 45 m × 45 m × 30 m (x,y,z). La geometría muestra una instalación de tanques de almacenamiento de diferentes insumos químicos, usados en una planta química,

los cuales en su mayoría almacenan líquidos inflamables como el xilol, varsol y estireno. Los tanques en FDS se representan como "OBST" que se refiere al término "*OBSTRUCTION*" en inglés y que representa un sólido rectangular inmerso en el dominio de flujo del incendio. Hay diferentes tipos de tanques de almacenamiento, tanto verticales (gris), como horizontales (azul claro). La superficie de color rojo, demarca la zona de contención (dique) para los tanques de varsol y xilol y donde se da el incendio. Los tanques cilíndricos en la [Figura 1](#) tienen una altura de 7 m y diámetro de 4.2 m. En la simulación, se tienen en cuenta dos condiciones de viento, como indica la flecha verde, de 0 m/s y en la otra simulación de 6 m/s.

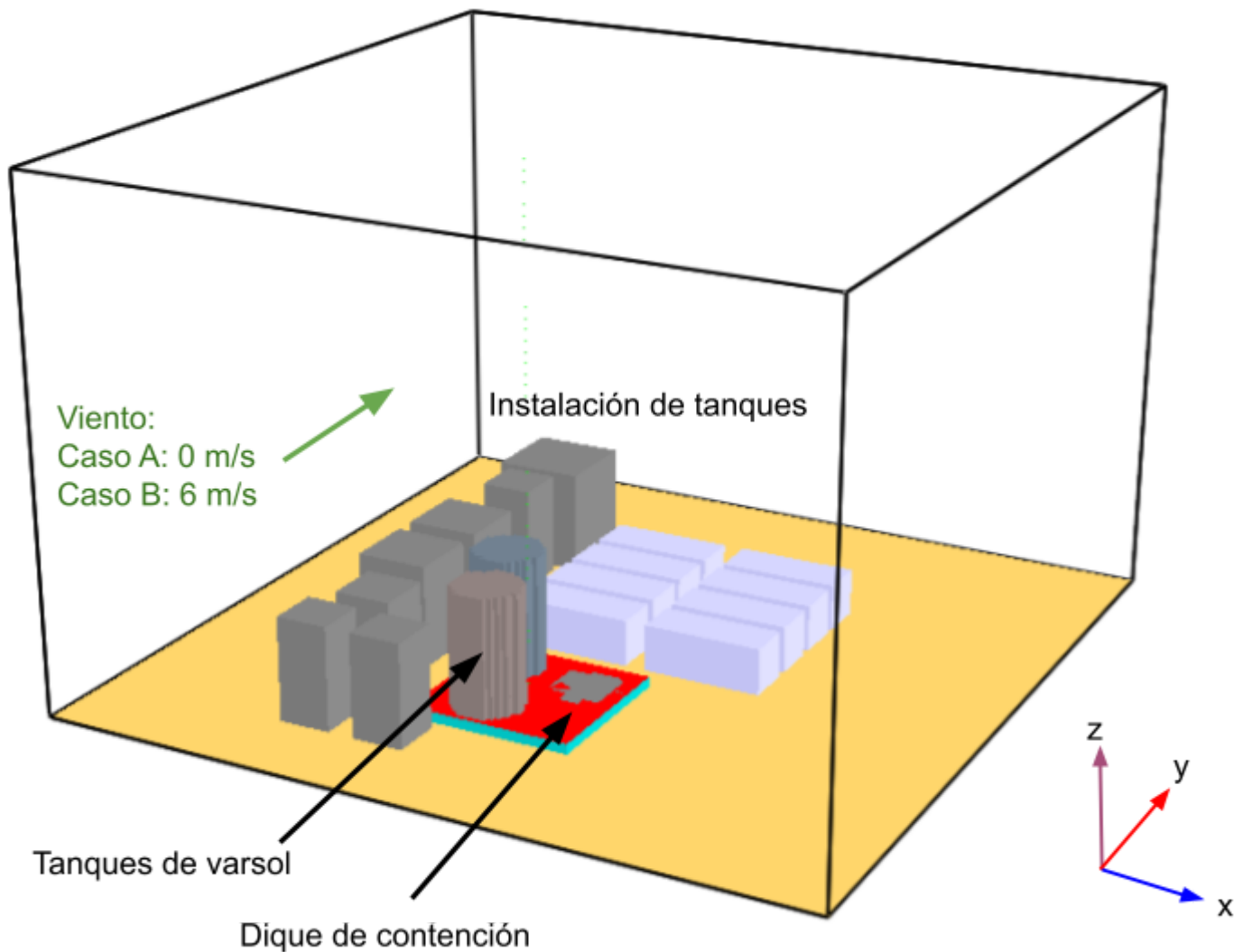
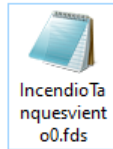


Figura 1. Dominio computacional y geometría de la instalación de tanques de almacenamiento.

4. CONSTRUCCIÓN DEL CASO



Se requiere que se descargue el archivo `IncendioTanquesviento0.fds`, el cual se encuentra en el siguiente hipervínculo ([IncendioTanquesviento0.fds](#)). Copie este archivo en una carpeta nueva dentro del escritorio.

FDS usa un archivo de texto plano que contiene las instrucciones de la simulación. En este tutorial se ilustra el uso de cada instrucción para la construcción y simulación del caso de un incendio en una instalación de tanques de almacenamiento. En FDS, las instrucciones están anteceditas por `&` y finalizadas con el símbolo de barra inclinada `/`. Si no se antecede la instrucciones con `&`, las instrucciones quedan como comentarios. Para un mayor detalle en las instrucciones, revisar el documento [FDS User's guide, 2022, 6ed.](#)

4.1. Condiciones generales de simulación

En las condiciones generales de simulación se definen condiciones de operación, como son la temperatura y presión del ambiente. Si no se especifica ningún valor el software asume las condiciones que el software trae por defecto ($T = 20\text{ °C}$, $P = 1\text{ atm}$, $\%O_2 = 21\%$, $HR = 40\%$, $g = 9.8\text{ m/s}$ en la dirección z). También sobre estas instrucciones se especifica el intervalo de tiempo en el que se guardan resultados y el tiempo de simulación.

Nota: FDS usa el Sistema Internacional de Unidades.

```
&HEAD CHID='IncendioTanques viento0', TITLE='Incendio en dique de tanques'/  
&TIME T_END=30.0/  
&DT_SL3D=0.25/  
&MISC P_INF=8.680621E+4, TMPA=22.0,/  
&WIND SPEED=0.0, DIRECTION=90.0/
```

Las instrucciones anteriores indican:

El nombre de cabecera con que se guardan los archivos durante la ejecución (`&HEAD CHID`), el título de la simulación “*Incendio en dique de tanques*”, el tiempo total de simulación (`&TIME T_END`) de 30 s, y los resultados se almacenan (`&DT_SL3D`) cada 0.25 s. Las condiciones de operación (`&MISC`) en el lugar de ubicación de los tanques de almacenamiento es de una presión atmosférica de 86806.2 Pa y una temperatura ambiente de 22 °C. La velocidad y dirección del viento (`&WIND`) se asignan como $v = 0\text{ m/s}$ y 90°.

Nota 1: El valor de la velocidad se modificará en una actividad al final de este documento.

Nota 2: Simular 30s del incendio requiere un tiempo de cómputo del orden de 6 horas, en el cual el equipo debe permanecer encendido.

4.2. Geometría y malla

Antes de realizar una simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD, por su siglas en inglés) como la que se realiza en FDS se debe definir la geometría del espacio a simular, es decir el espacio físico que se pretende representar. En el caso de un incendio este espacio representa los tanques y el aire que lo rodea, a través del cual se va desarrollar el incendio. FDS representa los sólidos en el dominio de cómputo como paralelepípedos rectangulares los cuales se definen por medio de sus valores máximos y mínimos en los tres ejes coordenados.

Luego se debe indicar en cuántas partes, o celdas, se divide esta geometría. Este proceso se conoce como discretización. En cada una de esas celdas se resuelven las ecuaciones de balances de masa, energía y cantidad de movimiento. Al conjunto de esas celdas se le denomina la "malla" de la simulación. En FDS se utilizan mallas estructuradas, es decir, paralelepípedos que facilitan el proceso de cálculo. Por lo tanto solo es necesario definir el número de celdas en cada eje.

La siguiente instrucción indica que se tienen 150 particiones en el eje x, 150 en el eje y y 100 en el eje z. Adicionalmente en la instrucción se indica que la geometría tiene 45 m en el eje x, 45 m en el eje y y 7 m en el eje z (altura).

```
&MESH ID='Mesh01', IJK=150,150,100, XB=-25.0,20.0,-15.0,30.0,0.0,30.0/
```

(En azul posiciones máximas en eje x = $25.0 + 20.0 = 45.0$ m)

(En rojo posiciones máximas en eje y = $15.0 + 30.0 = 45.0$ m)

(En negro posiciones máximas en eje z = $0.0 + 30.0 = 30$ m)

El tamaño de la malla (# de celdas) de esta geometría es de 2'225.000 celdas ($150 \times 150 \times 100$)

La [Figura 2](#) muestra la geometría (dominio) y malla construida con la instrucción asignada en este caso Solo se presenta la proyección de la malla en las paredes, esta crece de forma uniforme hacia el interior.

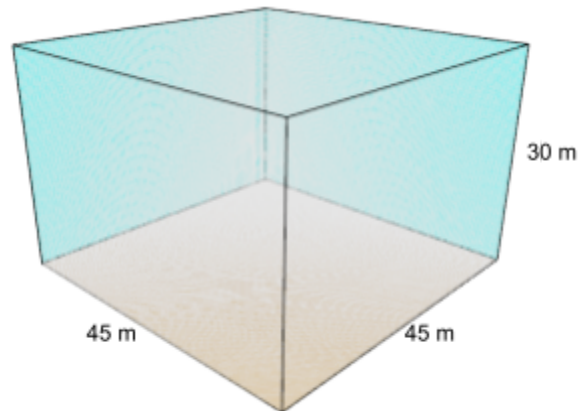


Figura 2. Geometría y malla usadas en la simulación caso tanques. El número de celdas total es de 2'225.000

4.3. Propiedades del incendio

Para simular el incendio en el dique, en FDS se especifica la Heat Release Rate (HRR) o velocidad de liberación de calor de un incendio inicial, o primario. Este parámetro indica qué tan rápido o lento, se realiza el incendio y qué tanto calor libera. Normalmente se obtiene de experimentos en los cuales se realizan incendios controlados de elementos que se queman como muebles, electrodomésticos, entre otros. En el siguiente [enlace](#) se pueden encontrar ejemplos de HRRs. Se define la fracción del combustible que se convierte en CO y hollín que se produce en la combustión. En la literatura se pueden encontrar valores referencia para estas variables. En este caso se aproxima la masa de combustible que se convierte a CO, CO_YIELD, como 0.065 y aquella que se convierte a hollín, SOOT_YIELD, como 0.175. Se debe definir la composición elemental del combustible (C, H, S, O y N), el calor de combustión y la fracción radiante, un valor que se determina mediante experimentos y que determina de forma aproximada la fracción de energía que el combustible libera mediante radiación térmica. Las propiedades del xileno están reportadas en (Hurley et al. 2015).

```

&REAC ID='Reaction1',
FUEL='XYLENE',
FORMULA='C8H10',
CO_YIELD=0.065,
SOOT_YIELD=0.175,
HEAT_OF_COMBUSTION=4.6112E+4,
RADIATIVE_FRACTION=0.4,
H=10,
C=8/
  
```

- La instrucción 1 es un identificador que se le da a la reacción (o nombre del combustible)

- La instrucción 2 establece el combustible que va a reaccionar en la simulación
- La instrucción 3 representa la fórmula química del combustible
- La instrucción 4 y 5 indica la fracción de CO y hollín que se producen en la combustión
- La instrucción 6 se define el calor de combustión del combustible (kJ/kg)
- La instrucción 7 define la fracción radiante.
- La instrucción 8 y 9 se define la composición elemental del combustible

4.3.1. Superficie de incendio

Se debe indicar la superficie donde se genera el incendio, definiendo el HRRPUA (Heat Release Rate Per Unit Volume o velocidad de liberación de calor por unidad de área) que para el combustible xileno, tiene un valor de 3700 kW/m², valor reportado en (McGrattan, Baum, and Hamins 2000).

```
&SURF ID='POOL',  
      FYI='NISTIR 6546 Thermal Radiation from Large Pool Fires nov 2000',  
      COLOR='RED',  
      HRRPUA=3700.0,  
      TMP_FRONT=0.0/
```

En el anterior texto &SURF ID='POOL' representa un nombre arbitrario que se asigna a este incendio pues se puede definir más de uno, FYI se usa para agregar un comentario, en este caso de dónde se tomó la HRR del combustible, COLOR='RED' simplemente asigna un color a la superficie incendio y TMP_FRONT indica la temperatura, en °C, a la cual se encuentra esa superficie.

4.4. Definición de materiales

Las siguientes instrucciones permiten definir las propiedades (calor específico, la conductividad y la densidad) de los tanques (acero) y el dique (concreto).

```
&MATL ID='STEEL',  
      SPECIFIC_HEAT=0.465,  
      CONDUCTIVITY=54.0,  
      DENSITY=7800.0,  
      EMISSIVITY=0.8/
```

```
&MATL ID='CONCRETE',  
      FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',  
      SPECIFIC_HEAT=1.04,  
      CONDUCTIVITY=1.8,  
      DENSITY=2280.0/
```

Una vez se definen las propiedades del material, se asignan las superficies que van a interactuar con el incendio. Para el caso de este tutorial se definen las superficies (&SURF ID) de acero y concreto. Se indica el espesor de las superficies (THICKNESS(1)) en m. En caso de materiales compuestos, es posible especificar su composición (MATL_MASS_FRACTION(IL,IC) donde IC cuenta al componente de la capa IL. Como solo se tiene un componente en el tanque y en el concreto se usa el par (1,1). El comando RGB también se puede usar para modificar el color de alguna superficie.

```
&SURF ID='STEEL SURF',  
  COLOR='GRAY 50',  
  MATL_ID(1,1)='STEEL',  
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,  
  THICKNESS(1)=5.0E-3/
```

```
&SURF ID='CONCRETE_DIKE',  
  RGB=0,204,204,  
  BACKING='VOID',  
  MATL_ID(1,1)='CONCRETE',  
  MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,  
  THICKNESS(1)=0.1/
```

4.5. Definición de obstrucciones

Los elementos sólidos que entran en contacto con el incendio se definen como Obstrucciones. En esta simulación esto aplica para los tanques (&OBST ID). Estas obstrucciones se generan asignando las coordenadas de la ubicación de estas en el dominio y adicionalmente el material del cual está construido (SURF_ID).

4.5.1. Tanques con un solo paralelepípedo

Algunos tanques se definieron como un solo paralelepípedo, como se muestra en la Figura 3.

```
&OBST ID='Tanque-B480', XB=7.15,10.35,-2.89,0.31,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B480', XB=7.15,10.35,-2.89,0.31,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B478', XB=1.15,5.15,-4.66,-0.66,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B477', XB=-4.17,-0.17,-4.66,-0.66,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B453', XB=-10.23,-7.43,-4.06,-1.26,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B466', XB=-15.98,-10.94,-5.18,-0.14,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B462', XB=11.54,14.74,-4.02,-0.82,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B463', XB=11.54,14.74,0.47,3.67,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B468', XB=-2.87,-0.23,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B469', XB=-6.17,-3.53,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B470', XB=-9.47,-6.83,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B468', XB=-12.77,-10.13,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B472', XB=-12.77,-10.13,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/  
&OBST ID='Tanque-B473', XB=-9.47,-6.83,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
```

```

&OBST ID='Tanque-B468', XB=-6.17,-3.53,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF' /
&OBST ID='Tanque-B468', XB=-2.87,-0.23,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF' /
  
```

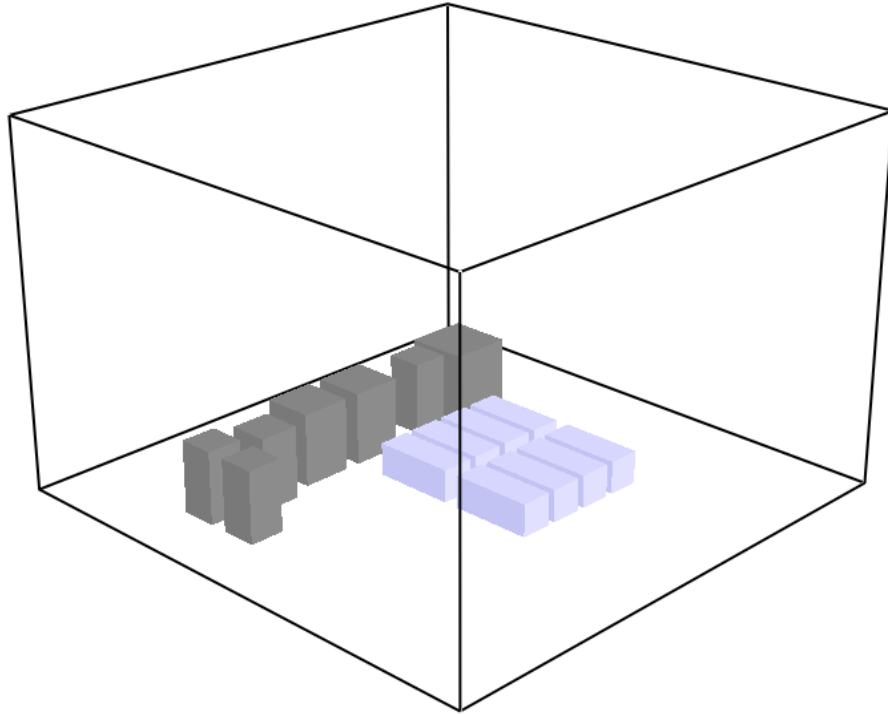


Figura 3. Obstrucciones que representan la instalación de tanques generados con un solo paralelepípedo

4.5.2. Tanques con conjuntos de paralelepípedos (cilíndricos)

Para recrear la forma cilíndrica de algunos tanques, estos se construyen mediante un conjunto de paralelepípedos ([Figura 4](#)). En el ANEXO: [Instrucciones para crear todos los Tanques](#) se definen todas las instrucciones para crear todos los tanques de este Caso de simulación como se muestran en la [Figura 5](#)



Figura 4. Obstrucciones que representan los tanques generados con un conjunto de paralelepípedos para recrear la forma cilíndrica de los tanques de varsol

4.5.3. Dique de contención

El dique de contención se genera a partir de un paralelepípedo como obstrucción. Adicionalmente se indica que sobre la superficie de esta obstrucción se genera el incendio (SURF_IDS= 'POOL ') (ver: [Superficies incendio](#)). En la [Figura 5](#) se muestra el dique en color rojo.

```
&OBST ID='Obstruction', XB=1.58187,11.08409,1.658954,11.367118,0.0,0.5,
SURF_IDS='POOL','CONCRETE_DIKE','CONCRETE_DIKE' /
```

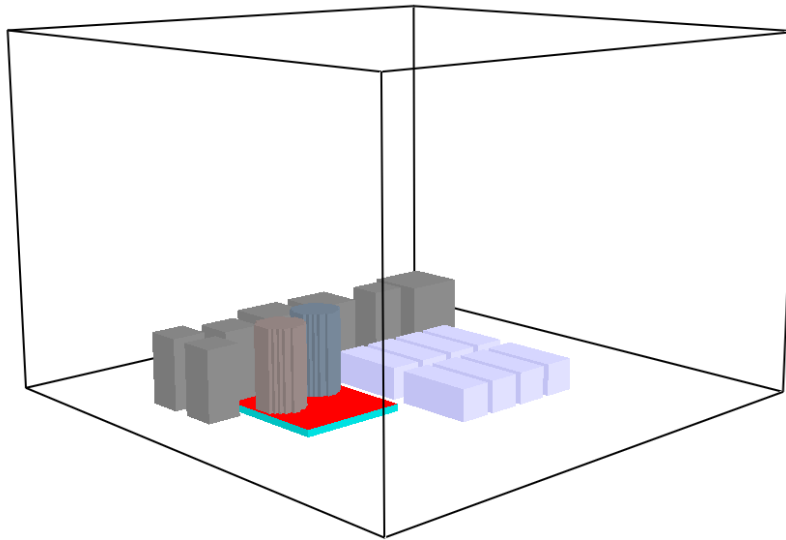


Figura 5. Geometría completa para la simulación de incendio en tanques de almacenamiento

4.6. Definición de condiciones de frontera

Las condiciones de frontera en este caso se refieren a las superficies que enmarcan el dominio computacional ([Figura 2](#)). Las condiciones de frontera se definen con &VENT ID y se indican que son abiertas (SURF_ID='OPEN'), es decir que permiten la entrada y salida de viento y de los productos de combustión generados durante el incendio. La superficie del suelo ($z = 0$) no es necesario indicarla, queda por defecto como pared.

```
&VENT ID='Mesh Vent: Mesh01 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=20.0,20.0,-15.0,30.0,0.0,30.0/
&VENT ID='Mesh Vent: Mesh01 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-25.0,-25.0,-15.0,30.0,0.0,30.0/
&VENT ID='Mesh Vent: Mesh01 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-25.0,20.0,30.0,30.0,0.0,30.0/
&VENT ID='Mesh Vent: Mesh01 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-25.0,20.0,-15.0,-15.0,0.0,30.0/
&VENT ID='Mesh Vent: Mesh01 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-25.0,20.0,-15.0,30.0,30.0,30.0/
```

4.7. Variables de visualización

Con el fin de analizar los resultados de la simulación, es necesario definir los puntos en los cuales se debe registrar la información.

4.7.1. Visualización sobre las superficies de las obstrucciones

En estas instrucciones se indican que sobre todas las superficies de las obstrucciones, se guardan los datos de Flujo de calor incidente, Flujo de calor radiante y la temperatura de pared:

```
&BNDF QUANTITY='INCIDENT HEAT FLUX'/  
&BNDF QUANTITY='RADIATIVE HEAT FLUX'/  
&BNDF QUANTITY='WALL TEMPERATURE'/
```

4.7.2. Planos de corte para visualización

Son planos de corte que se generan en el dominio computacional y se guarda la información de temperatura y HRRPUV. En la [Figura 6](#) se presentan algunas de estas superficies.

```
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=0.0/  
&SLCF QUANTITY='HRRPUV', PBX=0.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=-6.0/  
&SLCF QUANTITY='HRRPUV', PBX=-6.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=11.0/  
&SLCF QUANTITY='HRRPUV', PBX=11.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=0.0/  
&SLCF QUANTITY='HRRPUV', PBZ=0.0/  
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=7.0/  
&SLCF QUANTITY='HRRPUV', PBZ=7.0/
```

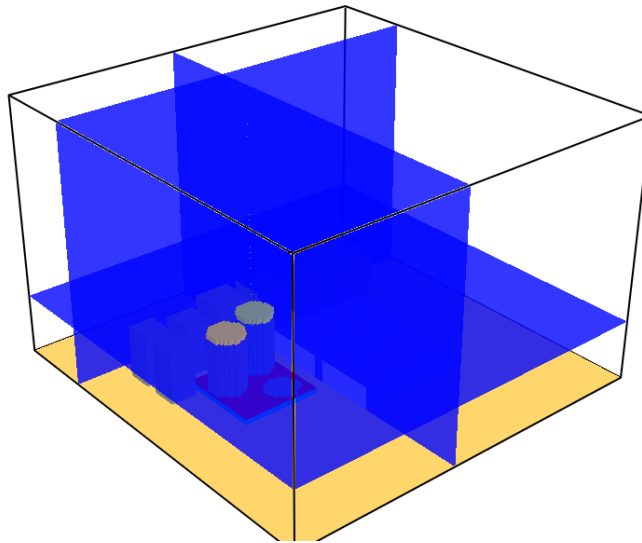


Figura 6. Algunos planos de corte utilizados para visualizar resultados de la simulación

4.7.3. Dispositivos de medición

Son instrucciones que representan dispositivos que registran datos de variables como la temperatura y el HRRPUV. Se asigna el número de puntos POINTS=50/. El dispositivo &DEVC ID='THCP' representa una termocupla en un punto definido por sus coordenadas XYZ. Los datos guardados sobre estos dispositivos, se pueden graficar para revisar resultados.

```

&DEVC ID='Temperature_STEADY STATE', QUANTITY='TEMPERATURE', XB=6.33298,6.33298,6.513036,6.513036,0.5,30.0, POINTS=50/
&DEVC ID='Heat Release Rate per Unit Volume_STEADY STATE', QUANTITY='HRRPUV', XB=6.33,6.33,6.513,6.513,0.5,30.0,
POINTS=50/
&DEVC ID='THCP', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=6.33298,6.513036,7.0/
  
```

En la [Figura 7](#) se muestran los puntos (color verde) donde se registran la temperatura, HRRPUV en una línea central sobre el dique de contención.

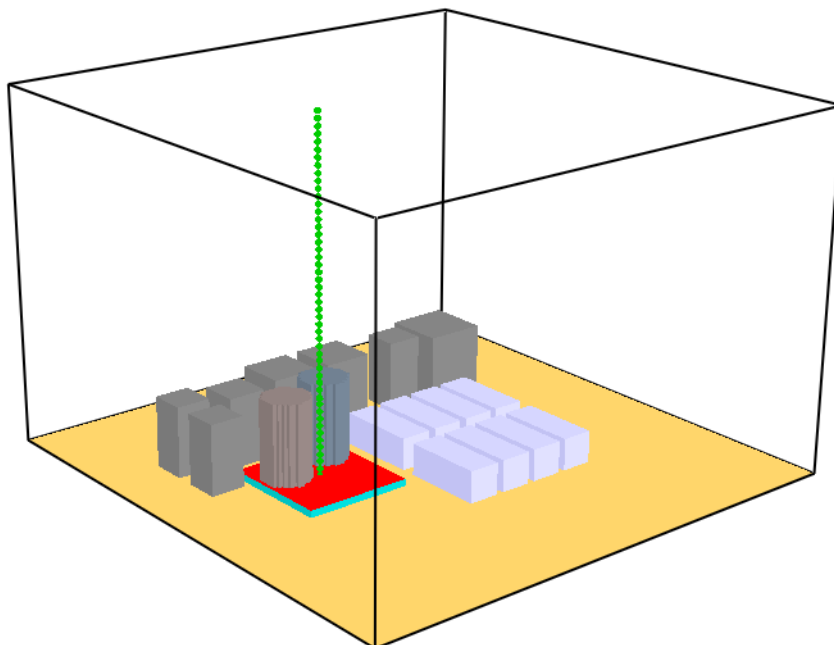


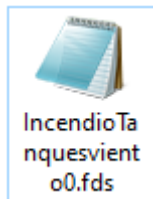
Figura 7. Dispositivos de registro de temperatura y HRRPUV

4.8. Cierre de archivo de instrucciones

En FDS se debe indicar al final del archivo que hasta esa línea son las instrucciones. El cierre se da con la instrucción:

&TAIL /

El nombre del archivo final debe tener la extensión *.fds

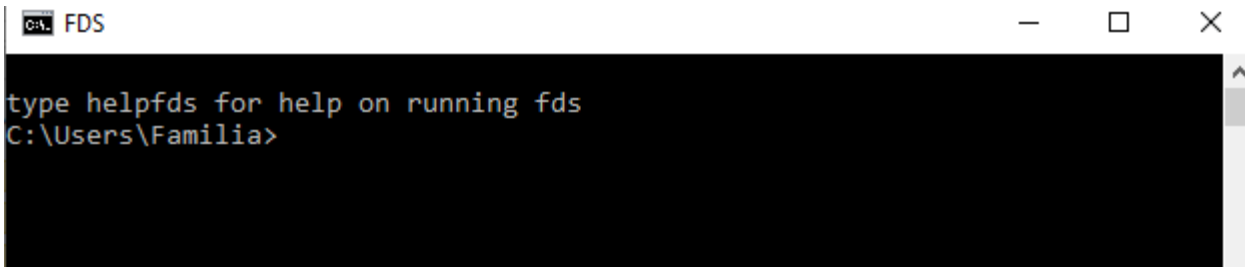


5. SOLUCIÓN DEL CASO

Para simular el modelo previamente construido es necesario usar la consola de FDS. Clicar en inicio y buscar la consola CMDfds



Cuando se abre la interfaz, debe ubicarse en la carpeta que contiene el archivo de simulación (usando comandos de consola Windows).

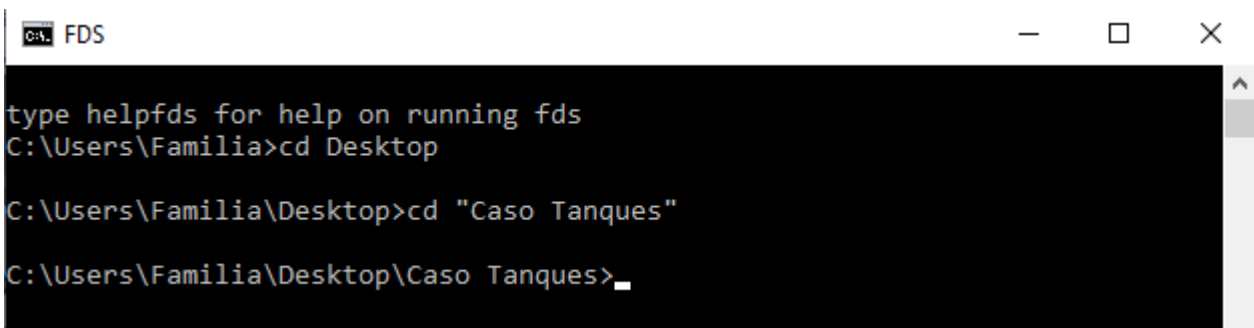
A screenshot of a Windows command prompt window titled 'FDS'. The window has a black background and white text. The text inside shows the prompt 'C:\Users\Familia>' followed by the command 'type helpfds for help on running fds'.

```
type helpfds for help on running fds
C:\Users\Familia>
```

Por ejemplo para desplazarse a la carpeta ubicada en el escritorio:

```
cd Desktop
```

```
cd Caso Tanques
```

A screenshot of a Windows command prompt window titled 'FDS'. The window has a black background and white text. The text inside shows the prompt 'C:\Users\Familia>' followed by the command 'cd Desktop', then the prompt 'C:\Users\Familia\Desktop>' followed by the command 'cd "Caso Tanques"', and finally the prompt 'C:\Users\Familia\Desktop\Caso Tanques>' with a cursor.

```
type helpfds for help on running fds
C:\Users\Familia>cd Desktop

C:\Users\Familia\Desktop>cd "Caso Tanques"

C:\Users\Familia\Desktop\Caso Tanques>_
```

En este punto, la consola se ubica en la carpeta Caso Tanques.

Para ejecutar la simulación en FDS, lo indicamos con el comando:

```
fds_local IncendioTanqueViento0.fds
```

Este comando indica que FDS se ejecuta en el computador personal de manera local, con un solo procesador del computador en la solución del problema.

Cuando la simulación comienza, se puede seguir las iteraciones en la consola como se muestra a continuación:

🖥️ FDS

```
Fire Dynamics Simulator

Current Date   : November  2, 2022  17:44:09
Revision      : FDS6.7.8-0-gfbf3e11ee-release
Revision Date  : Tue May 24 18:07:45 2022 -0400
Compiler       : Intel ifort 2021.5.0
Compilation Date : Wed 05/25/2022  11:46 AM

MPI Enabled;   Number of MPI Processes:      1
OpenMP Enabled; Number of OpenMP Threads:     2















MPI version: 3.1
MPI library version: Intel(R) MPI Library 2021.4 for Windows* OS

Job TITLE      : Incendio en dique de tanques
Job ID string   : IncendioTanques viento0

Time Step:     1, Simulation Time:      0.09 s
Time Step:     2, Simulation Time:      0.17 s
Time Step:     3, Simulation Time:      0.26 s
Time Step:     4, Simulation Time:      0.35 s
Time Step:     5, Simulation Time:      0.42 s
Time Step:     6, Simulation Time:      0.49 s
Time Step:     7, Simulation Time:      0.52 s
Time Step:     8, Simulation Time:      0.56 s
Time Step:     9, Simulation Time:      0.60 s
Time Step:    10, Simulation Time:      0.64 s
Time Step:    20, Simulation Time:      1.00 s
```

6. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Una vez la simulación termina de correr FDS crea una serie de archivos en los cuales se guarda la información de cada paso de tiempo que seleccionó el software.

Nombre	Tipo	Tamaño
 IncendioTanques viento0.binfo	Archivo BINFO	1 KB
 IncendioTanques viento0.end	Archivo END	1 KB
 IncendioTanques viento0.out	Archivo OUT	44 KB
 IncendioTanques viento0.sinfo	Archivo SINFO	1 KB
 IncendioTanques viento0.smv	Archivo SMV	78 KB
 IncendioTanques viento0_1_1.bf	Archivo BF	4,707 KB
 IncendioTanques viento0_1_1.bf.bnd	Archivo BND	1 KB
 IncendioTanques viento0_1_1.s3d	Archivo S3D	661 KB
 IncendioTanques viento0_1_1.s3d.sz	Archivo SZ	2 KB
 IncendioTanques viento0_1_1.sf	Archivo SF	1,252 KB
 IncendioTanques viento0_1_1.sf.bnd	Archivo BND	1 KB
 IncendioTanques viento0_1_2.bf	Archivo BF	4,707 KB
 IncendioTanques viento0_1_2.bf.bnd	Archivo BND	1 KB
 IncendioTanques viento0_1_2.s3d	Archivo S3D	642 KB

Entre los archivos generados se encuentra un archivo con extensión *.smv. Al clicar en este archivo se abre el del postprocesador Smokeview para visualizar los resultados de la simulación.

Nota 1: Si al clicar no abre directamente, clicar con el botón derecho sobre el archivo *.smv y clicaren la opción Abrir Con. Buscar el ejecutable de Smokeview.exe (C:\Program Files\firemodels\SMV6)

Nota 2: Para ver los resultados de 30s de simulación y con un viento de 0m/s.

En la carpeta compartida ubique las carpeta:

(Caso\Tanques\Viento 0\ V_0_tiempo30s)

(Caso\Tanques\Viento 0\ V_6_tiempo30s)

Copie las carpetas en el Escritorio

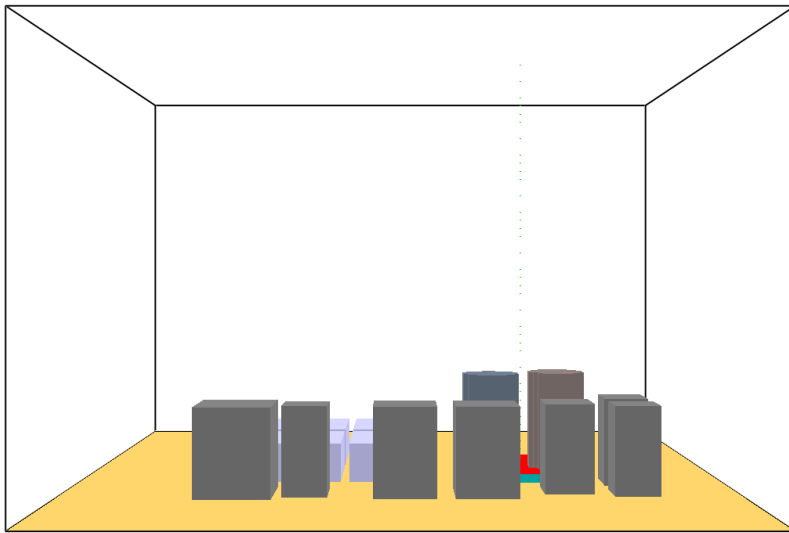
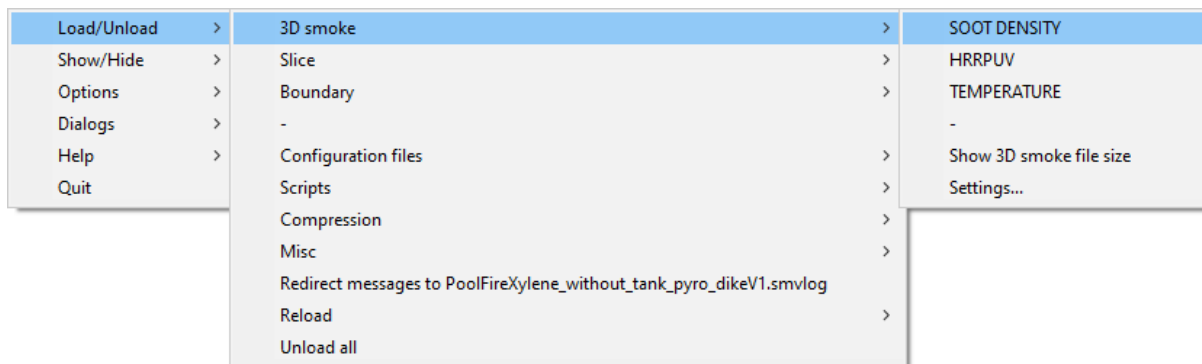


Figura 8. Geometría visualizada en Smokeview de la instalación de tanques

Para mover la geometría, clicar con el botón izquierdo sobre la imagen. Para hacer zoom, puede clicar con el botón central.

Al clicar con el botón derecho se abre el panel de opciones de Smokeview. Allí se pueden seleccionar las diferentes variables y sobre qué superficies se visualizan. Por ejemplo, para visualizar el humo y HRRPUV, se clica en Load/Unload→3D smoke y se seleccionan las dos variables. De esta forma se visualiza en 3D el incendio. ([Figura 9](#) y [Figura 10](#))



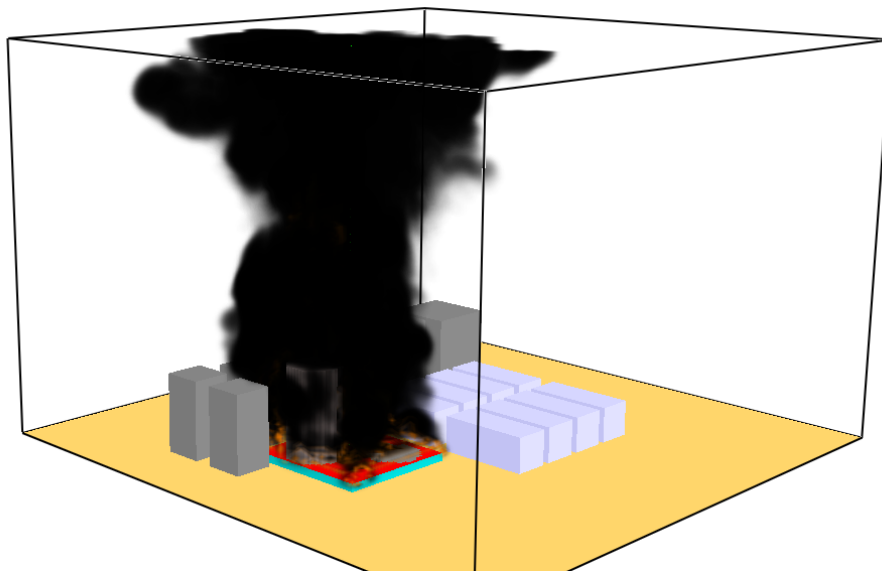


Figura 9. Representación del incendio en la simulación del incendio en la instalación de tanques

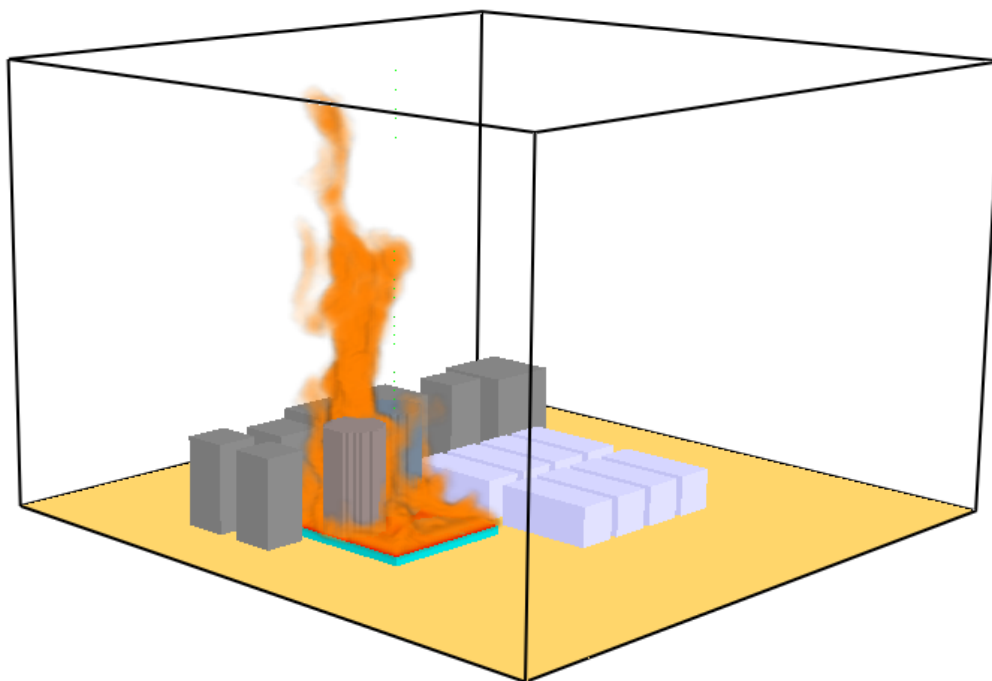
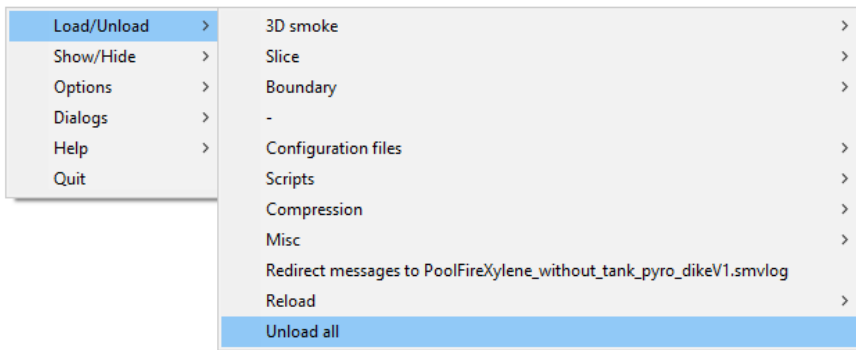
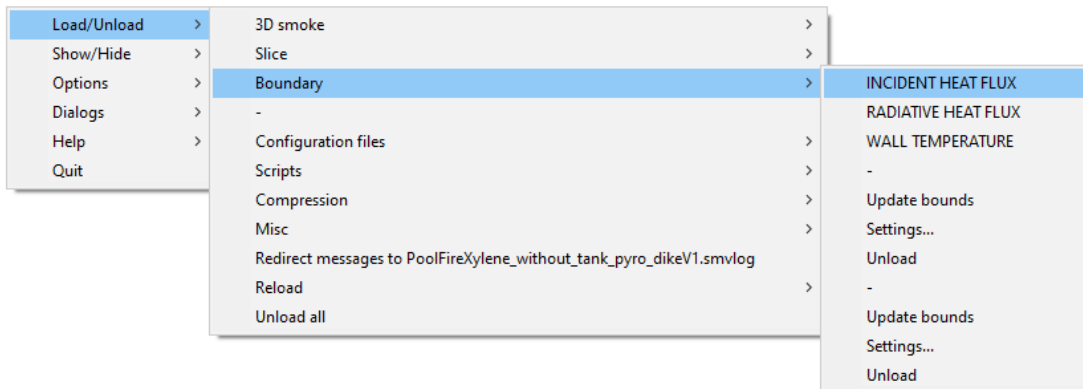


Figura 10. Contornos de la llama en la simulación del incendio en la instalación de tanques

Para detener la visualización y ver otras gráficas, puede clicar en *Unload all*



Para visualizar el flujo de calor incidente sobre las superficies Figura 11 , se carga Boundary→INCIDENT HEAT FLUX,



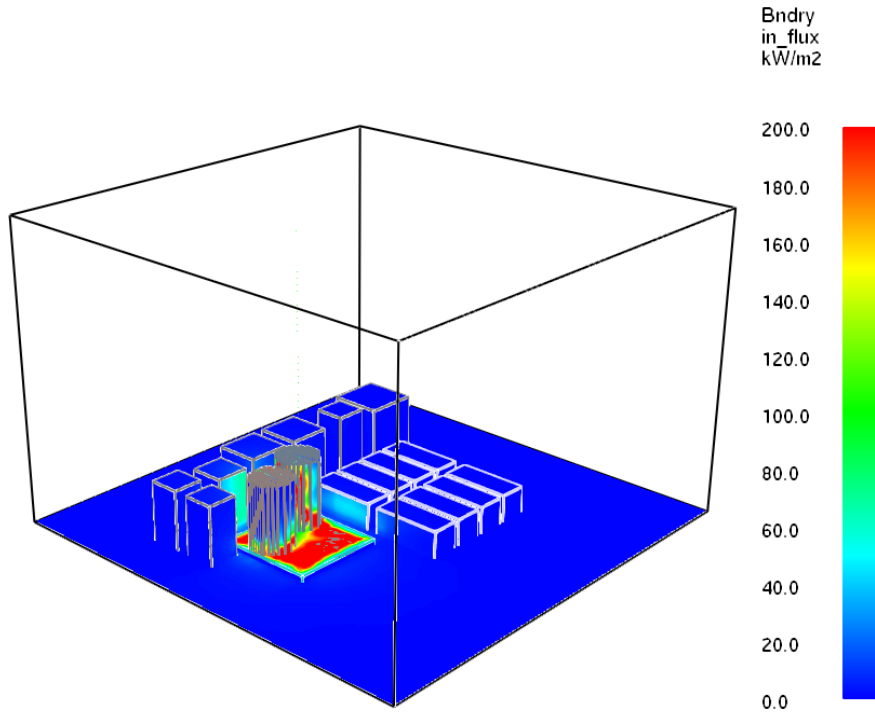
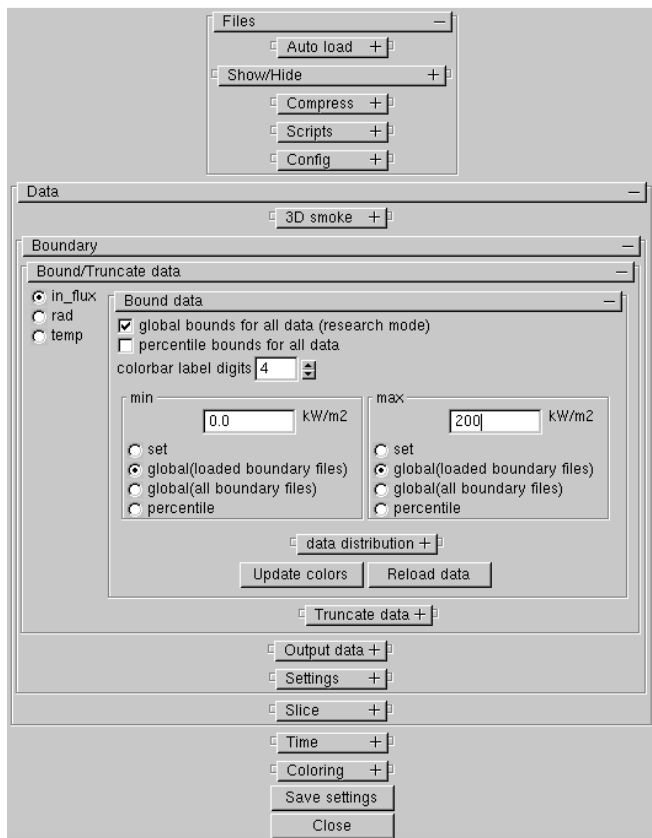


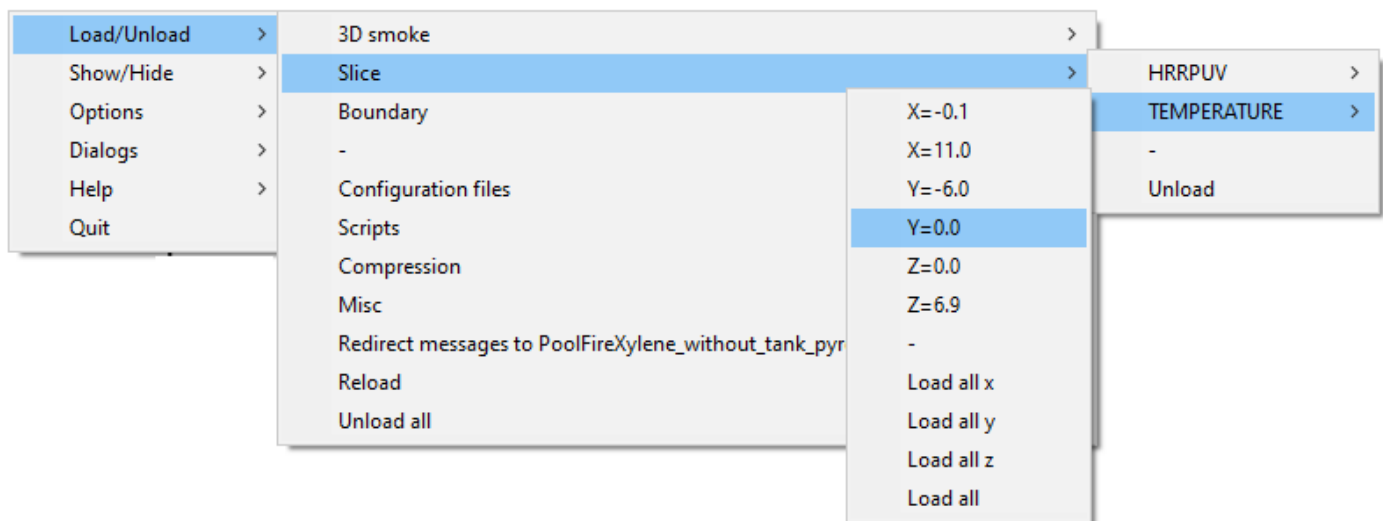
Figura 11. Contornos de flujo de calor radiante sobre las superficies de tanques

Nota: Para cambiar la escala de valores de la barra de color: Clic derecho: Dialogs→Data→Show/Hide

Files/Data/Coloring



Para visualizar en las superficies de corte. Por la temperatura en el plano en $y=0$. [Figura 12](#).



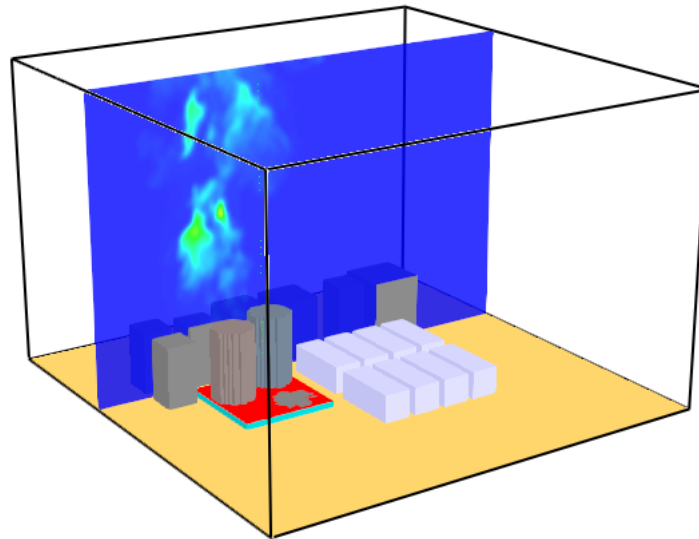
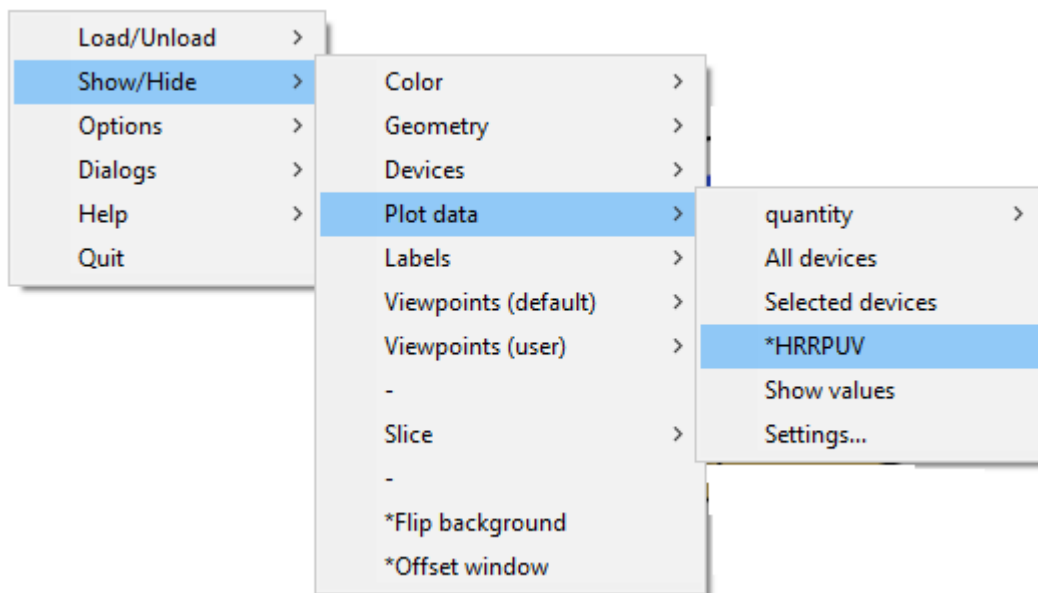


Figura 12. Contorno de temperatura sobre el plano $y = 0$

Para visualizar los datos guardados en los dispositivos de medición. Por ejemplo para mostrar en un plano xy la HRRPUV. Figura 13.



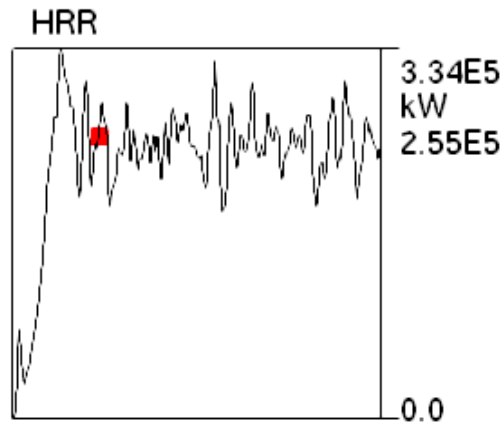


Figura 13. HRRUV sobre el dispositivo de medición (kW/m²)

7. ACTIVIDAD

En el archivo *.fds que descargó al inicio de este tutorial ([sección 4](#)), ubique la línea de velocidad del viento (&WIND SPEED=0.0, DIRECTION=90.0/) y modifique el valor de la velocidad a 6.0 m/s (&WIND SPEED=6.0, DIRECTION=90.0/).

Presente figuras de los resultados.

REFERENCIAS

- Hurley, Morgan J., Daniel T. Gottuk, John R. Hall Jr, Kazunori Harada, Erica D. Kuligowski, Milosh Puchovsky, José L. Torero, John M. Watts Jr, and Christopher J. Wieczorek. 2015. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Springer.
- McGrattan, Kevin B., Howard R. Baum, and Anthony Hamins. 2000. "Thermal Radiation from Large Pool Fires." *National Institute of Standards and Technology. US Department of Commerce. USA*. https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=909967.

ANEXOS

1. Instrucciones para crear todos los tanques

Instrucciones para generar las obstrucciones que representan los tanques:

```
&OBST ID='Tanque-B480', XB=7.15,10.35,-2.89,0.31,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF' /
```

&OBST ID='Tanque-B478', XB=1.15,5.15,-4.66,-0.66,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B477', XB=-4.17,-0.17,-4.66,-0.66,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B453', XB=-10.23,-7.43,-4.06,-1.26,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B466', XB=-15.98,-10.94,-5.18,-0.14,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B462', XB=11.54,14.74,-4.02,-0.82,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B463', XB=11.54,14.74,0.47,3.67,1.665335E-16,6.0, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B468', XB=-2.87,-0.23,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B469', XB=-6.17,-3.53,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B470', XB=-9.47,-6.83,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B468', XB=-12.77,-10.13,2.18,9.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B472', XB=-12.77,-10.13,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B473', XB=-9.47,-6.83,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B468', XB=-6.17,-3.53,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Tanque-B468', XB=-2.87,-0.23,10.18,17.1,1.665335E-16,2.63, RGB=204,204,255, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #191', XB=7.1541,10.4859,4.4064,6.4336,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #190', XB=7.4108,10.2292,4.0722,6.7678,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #189', XB=7.8887,9.7513,3.7068,7.1332,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #188', XB=7.011,10.629,4.692,6.148,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #187', XB=8.3128,9.3272,3.5371,7.3029,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #186', XB=7.5423,10.0977,3.9469,6.8931,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #185', XB=8.4982,9.1418,3.4967,7.3433,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #184', XB=6.9043,10.7357,5.0557,5.7843,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #183', XB=7.4349,10.2051,4.0474,6.7926,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #182', XB=7.0046,10.6354,4.708,6.132,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #181', XB=7.8216,9.8184,3.745,7.095,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #180', XB=6.9564,10.6836,4.846,5.994,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #179', XB=7.1723,10.4677,4.3772,6.4628,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #178', XB=8.3207,9.3193,3.535,7.305,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #177', XB=7.6915,9.9485,3.8297,7.0103,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #176', XB=7.8967,9.7433,3.7025,7.1375,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #175', XB=7.6702,9.9698,3.8451,6.9949,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #174', XB=8.0839,9.5561,3.6143,7.2257,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #173', XB=8.052,9.588,3.6276,7.2124,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #172', XB=7.7554,9.8846,3.7862,7.0538,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #171', XB=7.7484,9.8916,3.7908,7.0492,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #170', XB=7.5036,10.1364,3.9814,6.8586,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #169', XB=8.6261,9.0139,3.4797,7.3603,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #168', XB=7.0016,10.6384,4.7157,6.1243,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #167', XB=6.8746,10.7654,5.2862,5.5538,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #166', XB=7.417,10.223,4.0657,6.7743,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #165', XB=7.2973,10.3427,4.2019,6.6381,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #164', XB=7.9655,9.6745,3.6672,7.1728,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #163', XB=7.1675,10.4725,4.3847,6.4553,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #162', XB=7.7629,9.8771,3.7814,7.0586,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #161', XB=7.0345,10.6055,4.636,6.204,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #160', XB=7.5035,10.1365,3.9814,6.8586,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #159', XB=7.6017,10.0383,3.8974,6.9426,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #158', XB=8.7209,8.9191,3.4725,7.3675,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #157', XB=8.3878,9.2522,3.5185,7.3215,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #156', XB=6.8752,10.7648,5.2778,5.5622,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #155', XB=7.6703,9.9697,3.845,6.995,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #154', XB=7.4719,10.1681,4.011,6.829,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #153', XB=6.9722,10.6678,4.7969,6.0431,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #152', XB=7.3082,10.3318,4.1884,6.6516,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #151', XB=7.3191,10.3209,4.1751,6.6649,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/

&OBST ID='Obstruction #150', XB=6.9563,10.6837,4.8462,5.9938,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #149', XB=7.5356,10.1044,3.9527,6.8873,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #148', XB=7.77,9.87,3.7768,7.0632,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #147', XB=6.8927,10.7473,5.1235,5.7165,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #146', XB=8.5747,9.0653,3.4855,7.3545,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #145', XB=8.4979,9.1421,3.4968,7.3432,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #144', XB=7.814,9.826,3.7495,7.0905,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #143', XB=7.3028,10.3372,4.1951,6.6449,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #142', XB=6.9285,10.7115,4.9459,5.8941,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #141', XB=7.4782,10.1618,4.005,6.835,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #140', XB=7.411,10.229,4.072,6.768,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #139', XB=8.3711,9.2689,3.5224,7.3176,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #138', XB=7.6289,10.0111,3.876,6.964,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #137', XB=7.1192,10.5208,4.4662,6.3738,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #136', XB=6.9111,10.7289,5.0216,5.8184,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #135', XB=6.8758,10.7642,5.2692,5.5708,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #134', XB=8.4132,9.2268,3.5129,7.3271,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #133', XB=7.1108,10.5292,4.4813,6.3587,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #132', XB=7.2604,10.3796,4.2495,6.5905,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #131', XB=8.4047,9.2353,3.5147,7.3253,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #130', XB=7.4411,10.1989,4.0411,6.7989,0.0,7.5, COLOR='MISTY ROSE 3', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #129', XB=2.2841,5.6159,2.9364,4.9636,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #128', XB=2.5408,5.3592,2.6022,5.2978,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #127', XB=3.0187,4.8813,2.2368,5.6632,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #126', XB=2.141,5.759,3.222,4.678,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #125', XB=3.4428,4.4572,2.0671,5.8329,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #124', XB=2.6723,5.2277,2.4769,5.4231,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #123', XB=3.6282,4.2718,2.0267,5.8733,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #122', XB=2.0343,5.8657,3.4585,4.3143,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #121', XB=2.5649,5.3351,2.5774,5.3226,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #120', XB=2.1346,5.7654,3.238,4.662,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #119', XB=2.9516,4.9484,2.275,5.625,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #118', XB=2.0864,5.8136,3.376,4.524,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #117', XB=2.3023,5.5977,2.9072,4.9928,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #116', XB=3.4507,4.4493,2.065,5.835,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #115', XB=2.8215,5.0785,2.3597,5.5403,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #114', XB=3.0267,4.8733,2.2325,5.6675,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #113', XB=2.8002,5.0998,2.3751,5.5249,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #112', XB=3.2139,4.6861,2.1443,5.7557,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #111', XB=3.182,4.718,2.1576,5.7424,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #110', XB=2.8854,5.0146,2.3162,5.5838,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #109', XB=2.8784,5.0216,2.3208,5.5792,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #108', XB=2.6336,5.2664,2.5114,5.3886,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #107', XB=3.7561,4.1439,2.0097,5.8903,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #106', XB=2.1316,5.7684,3.2457,4.6543,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #105', XB=2.0046,5.8954,3.8162,4.0838,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #104', XB=2.547,5.353,2.5957,5.3043,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #103', XB=2.4273,5.4727,2.7319,5.1681,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #102', XB=3.0955,4.8045,2.1972,5.7028,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #101', XB=2.2975,5.6025,2.9147,4.9853,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #100', XB=2.8929,5.0071,2.3114,5.5886,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #99', XB=2.1645,5.7355,3.166,4.734,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #98', XB=2.6335,5.2665,2.5114,5.3886,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #97', XB=2.7317,5.1683,2.4274,5.4726,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #96', XB=3.8509,4.0491,2.0025,5.8975,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/

&OBST ID='Obstruction #95', XB=3.5178,4.3822,2.0485,5.8515,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #94', XB=2.0052,5.8948,3.8078,4.0922,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #93', XB=2.8003,5.0997,2.375,5.525,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #92', XB=2.6019,5.2981,2.541,5.359,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #91', XB=2.1022,5.7978,3.3269,4.5731,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #90', XB=2.4382,5.4618,2.7184,5.1816,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #89', XB=2.4491,5.4509,2.7051,5.1949,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #88', XB=2.0863,5.8137,3.3762,4.5238,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #87', XB=2.6656,5.2344,2.4827,5.4173,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #86', XB=2.9,5.0,2.3068,5.5932,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #85', XB=2.0227,5.8773,3.6535,4.2465,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #84', XB=3.7047,4.1953,2.0155,5.8845,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #83', XB=3.6279,4.2721,2.0268,5.8732,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #82', XB=2.944,4.956,2.2795,5.6205,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #81', XB=2.4328,5.4672,2.7251,5.1749,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #80', XB=2.0585,5.8415,3.4759,4.4241,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #79', XB=2.6082,5.2918,2.535,5.365,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #78', XB=2.541,5.359,2.602,5.298,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #77', XB=3.5011,4.3989,2.0524,5.8476,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #76', XB=2.7589,5.1411,2.406,5.494,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #75', XB=2.2492,5.6508,2.9962,4.9038,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #74', XB=2.0411,5.8589,3.5516,4.3484,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #73', XB=2.0058,5.8942,3.7992,4.1008,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #72', XB=3.5432,4.3568,2.0429,5.8571,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #71', XB=2.2408,5.6592,3.0113,4.8887,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #70', XB=2.3904,5.5096,2.7795,5.1205,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #69', XB=3.5347,4.3653,2.0447,5.8553,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #68', XB=2.5711,5.3289,2.5711,5.3289,0.0,7.5, COLOR='SLATE GRAY 4', SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #1', XB=2.8351,5.8049,7.4651,10.4349,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #2', XB=3.8728,4.7672,6.8982,11.0018,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #3', XB=2.6404,5.9996,7.6895,10.2105,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #4', XB=2.4793,6.1607,7.9391,9.9609,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #5', XB=3.8819,4.7581,6.8962,11.0038,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #6', XB=2.2263,6.4137,8.7875,9.1125,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #7', XB=2.2643,6.3757,8.521,9.379,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #8', XB=2.4883,6.1517,7.9229,9.9771,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #9', XB=3.0373,5.6027,7.2873,10.6127,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #10', XB=3.8365,4.8035,6.9064,10.9936,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #11', XB=2.8026,5.8374,7.4983,10.4017,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #12', XB=2.875,5.765,7.4262,10.4738,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #13', XB=2.283,6.357,8.4394,9.4606,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #14', XB=2.6861,5.9539,7.6308,10.2692,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #15', XB=3.2366,5.4034,7.151,10.749,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #16', XB=3.9732,4.6668,6.8788,11.0212,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #17', XB=4.0559,4.5841,6.8667,11.0333,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #18', XB=2.2444,6.3956,8.6307,9.2693,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #19', XB=3.1893,5.4507,7.1804,10.7196,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #20', XB=2.9368,5.7032,7.3699,10.5301,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #21', XB=2.313,6.327,8.332,9.568,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #22', XB=2.7037,5.9363,7.6093,10.2907,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #23', XB=2.6919,5.9481,7.6237,10.2763,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #24', XB=2.3301,6.3099,8.279,9.621,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #25', XB=2.8683,5.7717,7.4326,10.4674,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #26', XB=3.0818,5.5582,7.2538,10.6462,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #27', XB=2.2256,6.4144,8.7969,9.1031,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/

&OBST ID='Obstruction #28', XB=3.8546,4.7854,6.9022,10.9978,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #29', XB=4.2133,4.4267,6.8527,11.0473,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #30', XB=3.008,5.632,7.3103,10.5897,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #31', XB=2.9023,5.7377,7.4008,10.4992,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #32', XB=2.3972,6.2428,8.1057,9.7943,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #33', XB=3.1815,5.4585,7.1854,10.7146,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #34', XB=2.5404,6.0996,7.8351,10.0649,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #35', XB=3.3998,5.2402,7.0624,10.8376,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #36', XB=2.6802,5.9598,7.6382,10.2618,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #37', XB=2.8091,5.8309,7.4915,10.4085,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #38', XB=2.2249,6.4151,8.806,9.094,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #39', XB=2.3618,6.2782,8.1915,9.7085,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #40', XB=4.1111,4.5289,6.8604,11.0396,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #41', XB=2.9023,5.7377,7.4007,10.4993,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #42', XB=3.166,5.474,7.1955,10.7045,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #43', XB=3.1735,5.4665,7.1906,10.7094,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #44', XB=3.493,5.147,7.0197,10.8803,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #45', XB=3.5273,5.1127,7.0054,10.8946,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #46', XB=3.0817,5.5583,7.2539,10.6461,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #47', XB=3.3256,5.3144,7.1003,10.7997,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #48', XB=3.1047,5.5353,7.2374,10.6626,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #49', XB=3.7823,4.8577,6.92,10.98,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #50', XB=2.5455,6.0945,7.8269,10.0731,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #51', XB=2.313,6.327,8.3319,9.5681,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #52', XB=3.2448,5.3952,7.1461,10.7539,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #53', XB=2.365,6.275,8.1832,9.7168,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #54', XB=2.8283,5.8117,7.4718,10.4282,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #55', XB=2.257,6.383,8.5577,9.3423,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #56', XB=3.9734,4.6666,6.8788,11.0212,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #57', XB=2.9441,5.6959,7.3636,10.5364,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #58', XB=3.7738,4.8662,6.9223,10.9777,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #59', XB=2.3718,6.2682,8.166,9.734,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #60', XB=3.317,5.323,7.105,10.795,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #61', XB=2.8024,5.8376,7.4985,10.4015,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #62', XB=2.526,6.114,7.8584,10.0416,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #63', XB=2.3048,6.3352,8.3591,9.5409,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #64', XB=2.2344,6.4056,8.7047,9.1953,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #65', XB=3.277,5.363,7.1273,10.7727,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #66', XB=2.2263,6.4137,8.7872,9.1128,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/
&OBST ID='Obstruction #67', XB=2.2314,6.4086,8.7316,9.1684,0.0,0.5, SURF_ID='STEEL SURF'/