

1 Presentación

TrK-Interface es un software desarrollado en *Python* mediante la librería *PySimpleGUI* para la detección y seguimiento de chagas.

1. Para el procesamiento de imágenes se utiliza la librería OpenCV que es un software libre.
2. **La detección** de las características relevantes en las imágenes se realiza por medio de la binarización mediante un valor *umbral* y usando operaciones morfológicas se establece un conjunto de puntos característicos formado por los centros de las regiones detectadas en la imagen.
3. **El seguimiento** se basa en el Filtro de Kalman que es un detector y predictor, el cual, permite conocer los valores de posición y velocidad en el tiempo (secuencia de frames) minimizando el error entre las características detectadas frame a frame.
4. Está desarrollado para ejecutarse sobre Windows o Linux, sin embargo, al momento se ha desarrollado el archivo .exe para Windows.
5. En la Fig. 1 se muestra la interfaz del software.

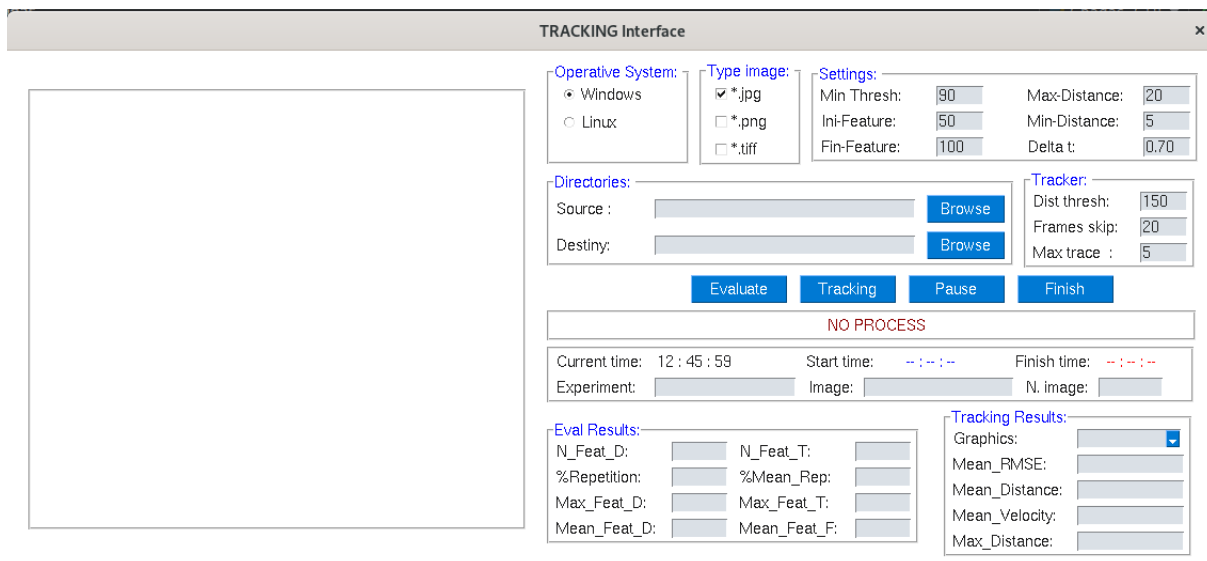


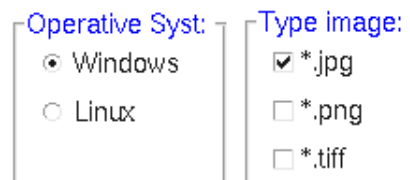
Fig. 1: Pantalla principal de Trk-Interface.

2 Parámetros de ingreso

A continuación se detalla cada una de las secciones del programa, que constan de los parámetros de ingreso para el software.

2.1 Sistema e imágenes

En la Fig. 2 se muestra la sección que permite seleccionar el sistema operativo del computador donde se ejecutará el programa. Esto debido a que los directorios están encriptados de forma distinta en cada uno de ellos. Por defecto, está señalado WINDOWS y al momento solo se puede ejecutar en este sistema, puesto que, se cuenta con el archivo .exe para evitar la instalación de Python de demás librerías.



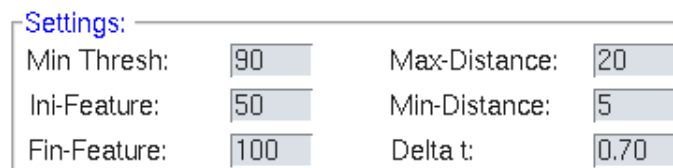
The image shows two side-by-side selection boxes. The left box, titled 'Operative Syst:', contains two radio buttons: 'Windows' (selected) and 'Linux'. The right box, titled 'Type image:', contains three checkboxes: '*.jpg' (checked), '*.png' (unchecked), and '*.tiff' (unchecked).

Fig. 2: Selección del sistema e imágenes

1. Los tipos de imágenes que puede leer el software son: JPG, PNG y TIFF. Se debe seleccionar un solo tipo por cada experimento. Por defecto está señalado el tipo JPG.
2. Estas dos secciones deben ser seleccionadas correctamente antes de ejecutar el software. Y durante la ejecución no pueden ser cambiados, ya que, no tendrían ningún efecto o podrían ocasionar un error.

2.2 Ajustes o Settings

En la Fig. 3 se muestra la sección de ajuste de parámetros del software. Los valores presentados son los que están definidos por defecto. Pero pueden ser cambiados de acuerdo al caso.



The image shows a 'Settings:' window with five sliders arranged in two columns. The left column contains 'Min Thresh:' (90), 'Ini-Feature:' (50), and 'Fin-Feature:' (100). The right column contains 'Max-Distance:' (20), 'Min-Distance:' (5), and 'Delta t:' (0.70).

Fig. 3: Parámetros para el algoritmo.

1. **Min Thresh:** se refiere al valor de umbral para la binarización de la imagen. Este parámetro es **muy importante**, puesto que, de este depende la precisión para detectar las características relevantes en la imagen. Los valores recomendados están dados entre [70, 100]. El valor por defecto se ha establecido en 90.

Se recomienda siempre analizar si el valor actual de *Min Thresh* está acorde al set de imágenes que se va a analizar. En la siguiente sección se muestran los resultados que se esperan tener a partir de este parámetro.

2. **Ini-Feature:** este parámetro será utilizado durante el seguimiento o tracking de características (features). Del conjunto total de características detectadas se seleccionan un subconjunto de ellas. Esto por cuestión de obtener una respuesta sin tanto retardo (delay). El valor por defecto se ha establecido en 50. Indica que desde la característica con id 50 se tomará para seguirla.
3. **Fin-Feature:** es el valor que indica el final de las características seleccionadas para el seguimiento. El valor por defecto se ha establecido en 100. Por tanto el valor total de características para seguimiento tiene una longitud de 50. Además, estos valores permiten seleccionar las características que se encuentran en el centro de la imagen. Estos valores se puede ajustar de acuerdo a la longitud de características total detectadas en las imágenes.
4. **Max-Distance:** entre los frames las características van cambiar su posición. Este parámetro permite tener el rango máximo que se espera que una característica se haya desplazado para seguirla considerando con su mismo identificador. El valor por defecto es 20 que es la distancia euclídea entre la posición del frame anterior con el actual.
5. **Min-Distance:** este parámetro permite identificar las características que han cambiado su posición al menos este valor. Las características estáticas serán eliminadas para optimizar el seguimiento. El valor por defecto es 5 que es la distancia euclídea entre la posición del frame anterior con el actual. Por tanto el rango de desplazamiento esperado para las características sería $[Min - Distance, Max - Distance]$.
6. **Delta Δt :** es un parámetro para el algoritmo de seguimiento. El rango de este parámetro está dado entre $[0.5, 1]$, el cual, define a matriz de covarianzas del Filtro de Kalman para la predicción de las posiciones y la minimización del error. El valor por defecto es 0.7, ya que, este valor permite reducir ese error en una mínima cantidad de frames.

Todos los parámetros deben ser ajustados antes de iniciar un proceso de análisis del software. No pueden ser cambiados durante la ejecución.

2.3 Directorios

En la Fig. 4 se muestra la sección que permite identificar los directorios de origen y destino. Para ello se debe pulsar el botón BROWSE y se abrirá la ventana de diálogo que permite navegar dentro de los directorios del computador.

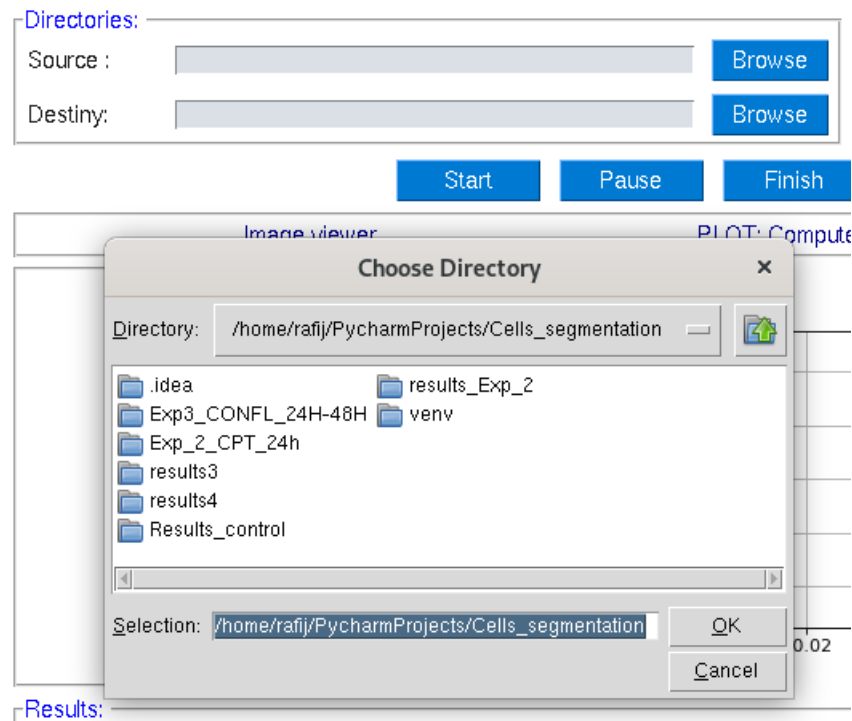


Fig. 4: Directorios origen y destino.

1. El directorio **ORIGEN** debe contener las imágenes a analizar. Este directorio es mandatorio ingresarlo.
2. El directorio **DESTINO** es opcional y será donde se esperan almacenar las imágenes resultantes del proceso de seguimiento..
3. Una vez seleccionados los directorios se tendrá la vista que muestra la Fig. 5:

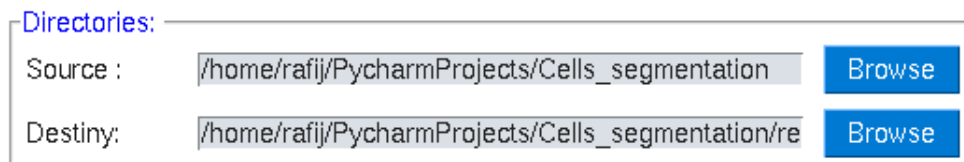
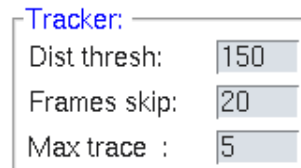


Fig. 5: Directorios origen y destino seleccionados.

Los directorios *no pueden ser* cambiados durante el análisis de imágenes y seguimiento de características.

2.4 Tracker o seguidor

En la Fig. 6 se muestran los parámetros que definen el Tracker del algoritmo y los valores por defecto establecidos.



Tracker:

Dist thresh:	150
Frames skip:	20
Max trace :	5

Fig. 6: Parámetros para definir el Tracker.

1. **Dist-Thresh:** define la distancia máxima que el Tracker establece para seguir una característica.
2. **Frames skip:** establece la cantidad de frames que el Tracker podría graficar el path o camino generado por una característica durante la secuencia de frames.
3. **Max trace:** establece el valor máximo para la ruta de una característica seguida.

Se recomienda no cambiar esos valores, excepto cuando, los resultados del seguidor no sean los esperados o el error sea excesivamente grande.

3 Ejecución de TrK-Interface

En la Fig. 7 se muestran los controles del software. Se han definido 2 procesos principales: *Evaluate* y *Tracking*.



Fig. 7: Botones para inicio de procedimientos de Trk-Interface.

1. **Evaluate:** Permite analizar el set de imágenes con el valor de umbral definido *Min-Threshold*. Además, permite medir el factor de Repetibilidad de las características, de acuerdo, a los parámetros ingresados en la sección *Settings*.
2. **Tracking:** Permite seguir las características detectadas por cada imagen, de acuerdo, a los parámetros ingresados en las secciones *Settings* y *Tracker*.

3. Los dos procedimientos son independientes. Pero con la finalidad de obtener los mejores resultados se recomienda que se ejecute primero *Evaluate* para verificar que el parámetro ingresado en *Min-Tresh* es el adecuado para las imágenes que se analizarán.
4. Si por algún motivo se requiere pausar el análisis se lo puede hacer pulsando **PAUSE**.
5. Para terminar el proceso actual se debe pulsar **FINISH**, incluso, antes de cerrar el programa para evitar errores.

3.1 Visualización

En la Fig. 8 se muestra la sección donde se presentan las imágenes de la secuencia que se obtienen durante la ejecución de un proceso.

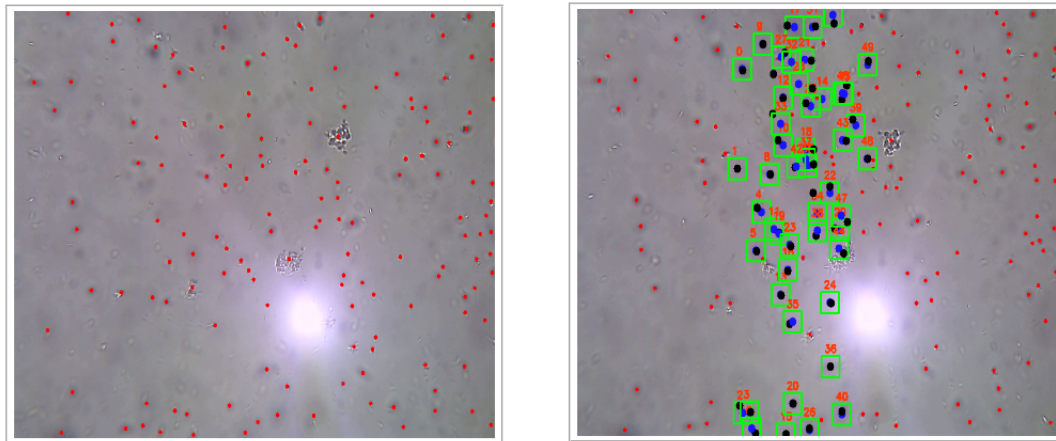


Fig. 8: Presentación de resultados durante el análisis de resultados. **a:** Durante la evaluación de características. **b:** Durante el seguimiento.

3.2 Resultados

En la Fig. 9 se muestra la primera sección de resultados que presenta el software.

Evaluate is running			
Current time:	14 : 19 : 53	Start time:	14 : 19 : 42 Finish time: -- : -- : --
Experiment:	epis+BZ 16h	Image:	20201125094302.jpg N. image: 28

Fig. 9: Presentación de información referente a datos del análisis.

1. En el texto en rojo se mostrará el estado del proceso actual. Esto para referencia del operador del software. De acuerdo al proceso activado se mostrará si es el estado es:

Running, Finish sucessfully, Process finished.

2. Se muestra la hora actual, la hora que inició y la hora que finalizó el análisis.
3. Además se muestra el nombre del experimento o directorio seleccionado para el análisis y el nombre de la imagen que se está analizando. Finalmente, un contador que muestra la cantidad de imágenes analizadas.

3.3 Resultados de Evaluación

Eval Results:			
N_Feat_D:	152	N_Feat_T:	114
%Repetition:	75.0	%Mean_Rep:	75.8
Max_Feat_D:	220	Max_Feat_T:	157
Mean_Feat_D:	169.1	Mean_Feat_F:	126.0

Fig. 10: Presentación de los valores obtenidos por el proceso Evaluate.

1. **N_Feat_D** muestra la cantidad de características detectadas en la imagen y **N_Feat_T** la cantidad que cumplen las condiciones para seguimiento.
2. **% Repetition** es la relación entre las características detectadas y las seleccionadas para seguimiento (Ecuación 1). Se espera que este valor esté en el rango [70%, 100%]. **% Mean-Rep** es el valor promedio de repetibilidad

$$\%repetition = \frac{\#feat_{track}}{\#feat_{detec}} \quad (1)$$

3. **Max_Feat_D**, **Max_Feat_T** es el valor máximo de características detectadas y para seguimiento respectivamente. Este valor es calculado una vez que se haya analizado todo el directorio de imágenes.
4. **Mean_Feat_D**, **Mean_Feat_T** es el valor promedio de características detectadas y para seguimiento respectivamente. Este valor es calculado una vez que se haya analizado todo el directorio de imágenes.

Estos últimos valores sirven para establecer los parámetros *Ini-Feature*, *Fin-Feature* correctamente. Puesto que indica la longitud máxima que contendrá el conjunto de características para seguimiento.

En la Fig. 10, por ejemplo, $Mean_Feat_T = 126$. Esto quiere decir que el conjunto máximo de características de seguimiento tiene una longitud igual a 126, por tanto, *Ini-Feature*, *Fin-Feature* deben estar contenidos en ese valor.

5. Finalmente, en la Fig. 11 se presenta una gráfica con la evolución de los valores durante la secuencia de frames analizados. Se espera que los valores no tengan una alta diferencia.

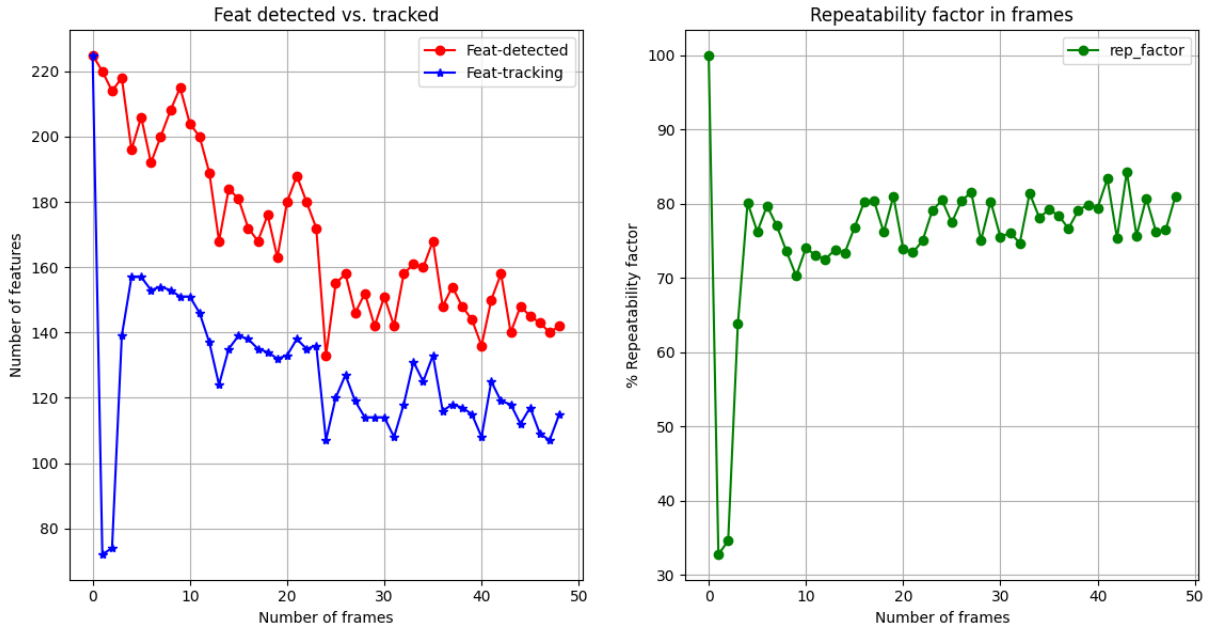


Fig. 11: a: Cantidad de características detectadas vs. seleccionadas para seguimiento. **b:** Factor de repetibilidad obtenido por Ecuación 1.

En la gráfica se muestra que a partir del frame 5 los valores tienen un factor de repetibilidad aceptado ya es superior al 70%.

6. Si los resultados presentan valores similares o mejores que los presentados al analizar el Directorio de imágenes **epis+BZ 16h**, se podrán buenos resultados en el seguimiento.

3.4 Resultados de Seguimiento

El proceso de seguimiento o tracking tiene como clave evaluar los primeros 5 frames para seleccionar un conjunto estable de features de acuerdo a los resultados de Fig. 11(b).

1. **Graphics** mostrará, una vez terminado el procesamiento, una lista con el total de features que han sido seguidas durante el análisis. Al seleccionar una de ellas mostrará los resultados de distancia y velocidad de forma individual.

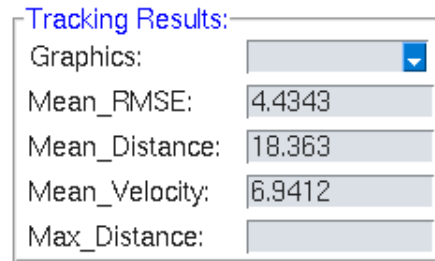


Fig. 12: Presentación de los valores obtenidos por el proceso Tracking.

2. **Mean_RMSE** es el promedio del error del predictor obtenido del filtro de Kalman. Se obtiene mediante la raíz del error cuadrático medio.
3. **Mean_Distance** es el promedio de la distancia recorrida por todas las features seguidas.
4. **Mean_Velocity** es el promedio de la velocidad o rapidez obtenida por todas las features seguidas.
5. **Max_Distance** mostrará la distancia máxima recorrida por cada feature.

Una vez terminado el procedimiento de seguimiento los valores promedios se presentarán de forma gráfica como lo muestra la Fig. 13. Los resultados se han convertido de píxeles a la unidad de milímetros (mm.).

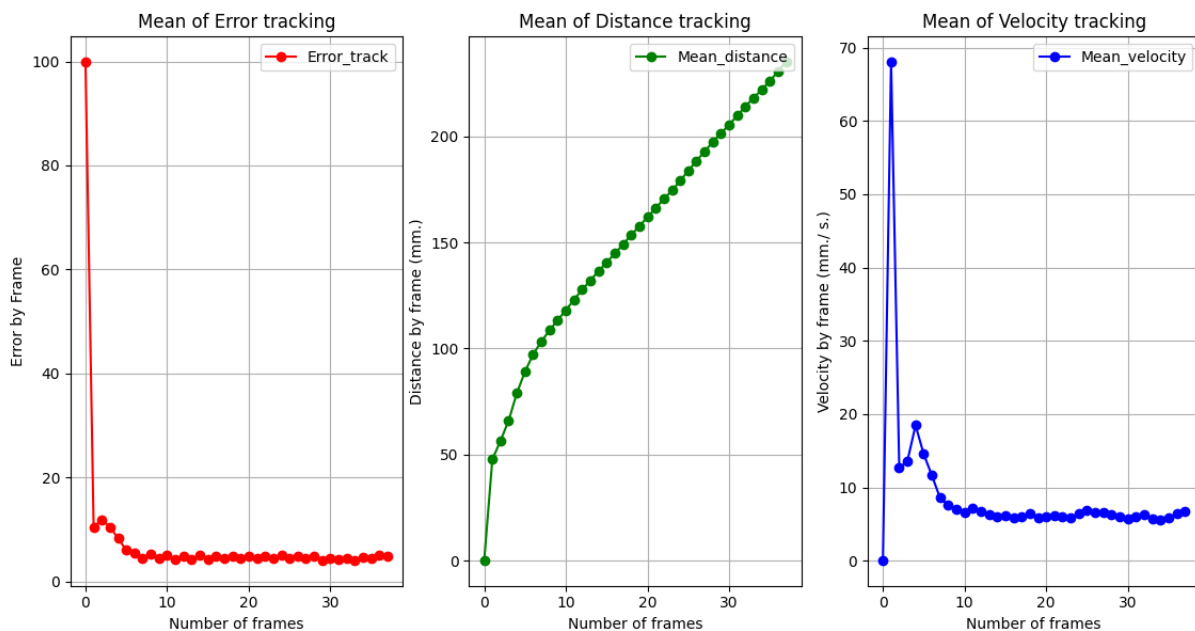


Fig. 13: Presentación de los valores promedios obtenidos por el proceso Tracking.

6. Para analizar los valores de distancia y velocidad individualmente se deberá pulsar en el menú desplegable de la opción *Graphics* como se muestra en la Fig. 14.

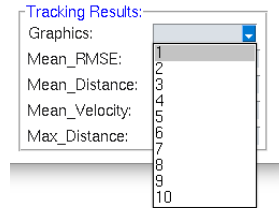


Fig. 14: Menú desplegable para visualización de resultados de forma individual.

7. Finalmente los resultados serán mostrados como lo muestra la Fig. 15.

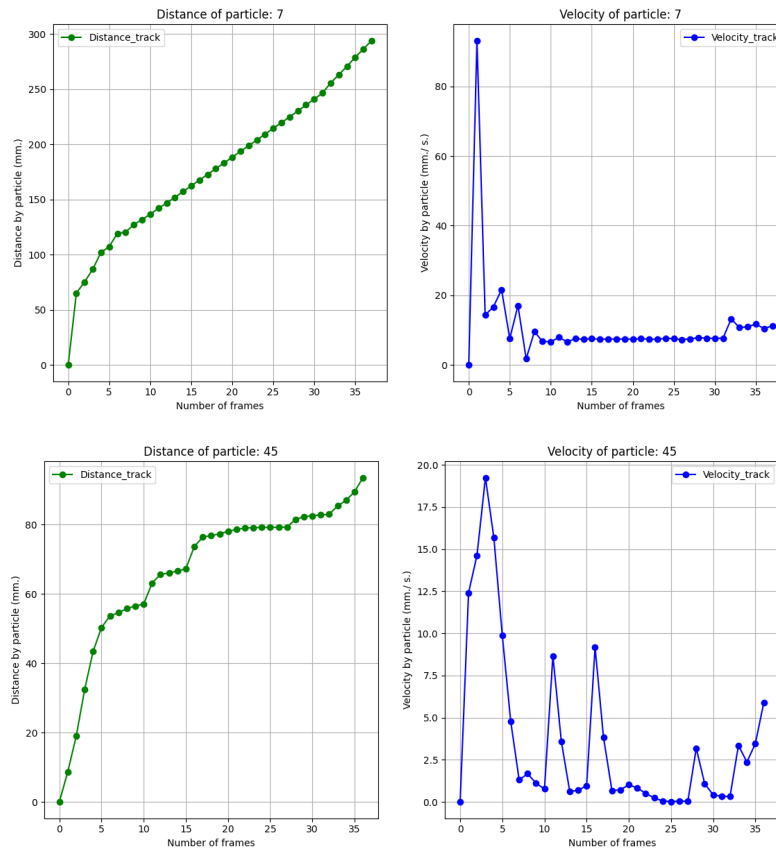


Fig. 15: Resultados obtenidos por las features con id. 7 y con id. 45.