



Servicio  
Meteorológico  
Nacional

# Sobre un método digital de obtención de datos de fajas de medición meteorológica

Nota Técnica SMN 2020-65

**Lucas Stel**

*Dirección de Redes de Observación, Dirección Nacional de Infraestructura y datos, SMN*

Enero 2020



Ministerio de Defensa  
Presidencia de la Nación

### *Información sobre Copyright*

*Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.*

*La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.*

## Resumen

Este trabajo tiene como objetivo la introducción a un método digital de obtención de datos de fajas de registro meteorológico a partir de la utilización de programas de cálculo numérico y manipulación de matrices, sumando a los procesos de digitalización existentes. De este método se pretende obtener series de datos numéricos para su implementación inmediata, además de buscar agilizar de manera sistemática el procesamiento de estas fajas.

## Abstract

This work aims to introduce a method for obtaining data from meteorological chart papers by using a numerical algorithm and matrix manipulation programs, adding to the existing digitization processes. This method is intended to obtain series of numerical data for immediate implementation, in addition to systematically speeding up the processing of these paper charts.

**Palabras clave:** Fajas, pluviometría, digitalización, procesado de imágenes, procesado automático

## Citar como:

Stel L., 2020: Sobre un método digital de obtención de datos de fajas de medición meteorológica. Nota Técnica SMN 2020-65.

## 1. OBJETIVO

El siguiente trabajo tiene como objetivo la introducción a un método digital de obtención de datos de fajas de medición meteorológica a partir de la utilización de programas de cómputo numérico y manipulación de matrices, sumando a los procesos de digitalización existentes. De este método se pretende obtener series de datos matemáticos para su implementación inmediata, además de buscar agilizar de manera sistemática el procesamiento de estas fajas.

De este procesamiento se obtiene un vector de datos instantáneos correspondiente a lo medido por el registrador en el periodo de tiempo dado.

Este tipo de métodos requiere una reducida intervención del usuario al funcionar de manera iterativa y automática, aunque presenta complicaciones cuando se tienen manchones de tinta o el trazado es ilegible que pueden producir pedida de información o falsos datos.

A continuación se desarrolla el procedimiento seguido y los resultados obtenidos, trabajando con fajas de pluviógrafos del tipo flotador.

## 2. PROCEDIMIENTO

Debido a que herramientas como Matlab permiten el procesamiento de datos en términos matemáticos de una manera dinámica y sistemática, puede trabajarse a las imágenes de alta resolución como matrices y operar cómodamente sobre ellas.

De esta premisa se procede a tratar a las fajas de pluviógrafos con el fin de convertir lo medido en series de datos numéricos que agilicen la implementación de las mediciones, haciendo un aprovechamiento óptimo de la frecuencia temporal.

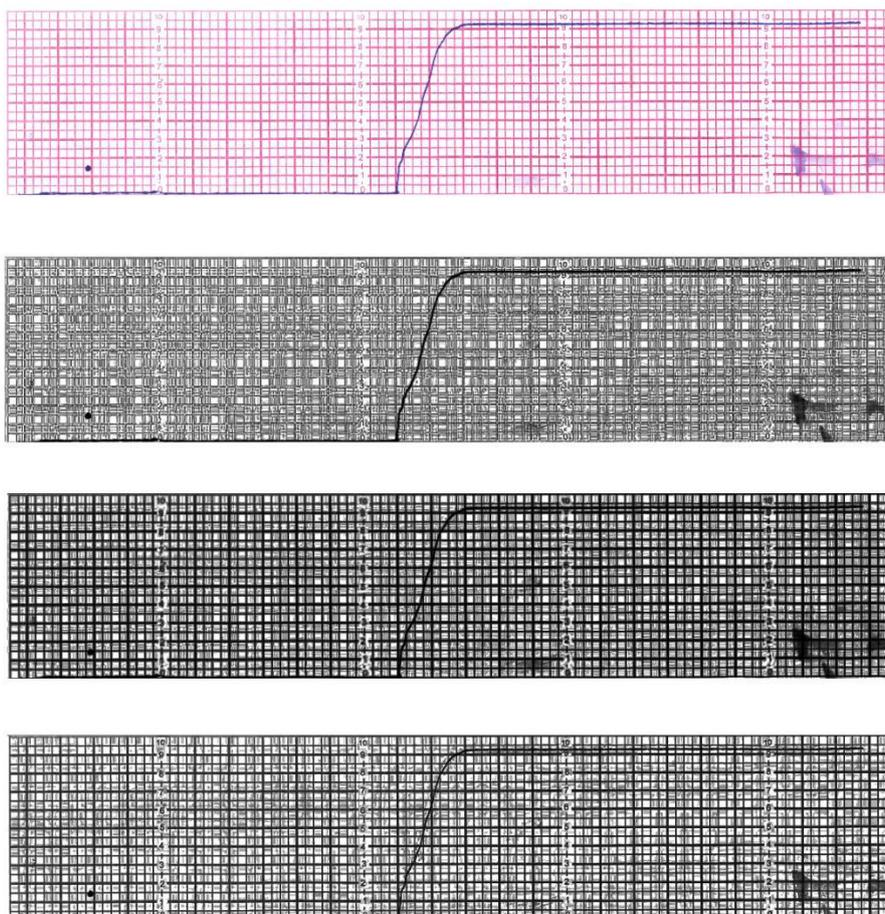
El procedimiento consiste en discriminar la curva del resto de la imagen haciendo un análisis de los valores de los píxeles, dado que estos cambiarán de acuerdo a si nos encontramos sobre la curva, la cuadrícula o el fondo de la faja.

Los pasos seguidos son los siguientes:

- Apertura de imagen.
- Acondicionamiento de la imagen.
- Vectorización de la curva medida.
- Filtrado de indeseables.
- Suavizado de la curva.
- Parseo temporal y resultado final.

## 2.1 Apertura de la imagen

La primera operación consiste en convertir u ordenar la imagen como una matriz a fin de poder comenzar a trabajarla matemáticamente. Utilizando comandos del tipo *imread* para abrir imágenes, puede obtenerse una matriz tridimensional, donde cada dimensión es a su vez una matriz bidimensional que corresponde a cada plano del espectro R, G y B, cuyas dimensiones son las mismas que el tamaño de la imagen abierta (ver Figura 1).



**Figura 1.** La imagen superior corresponde al escaneo de la faja, mientras que las siguientes a la descomposición de la misma en el espectro RGB.

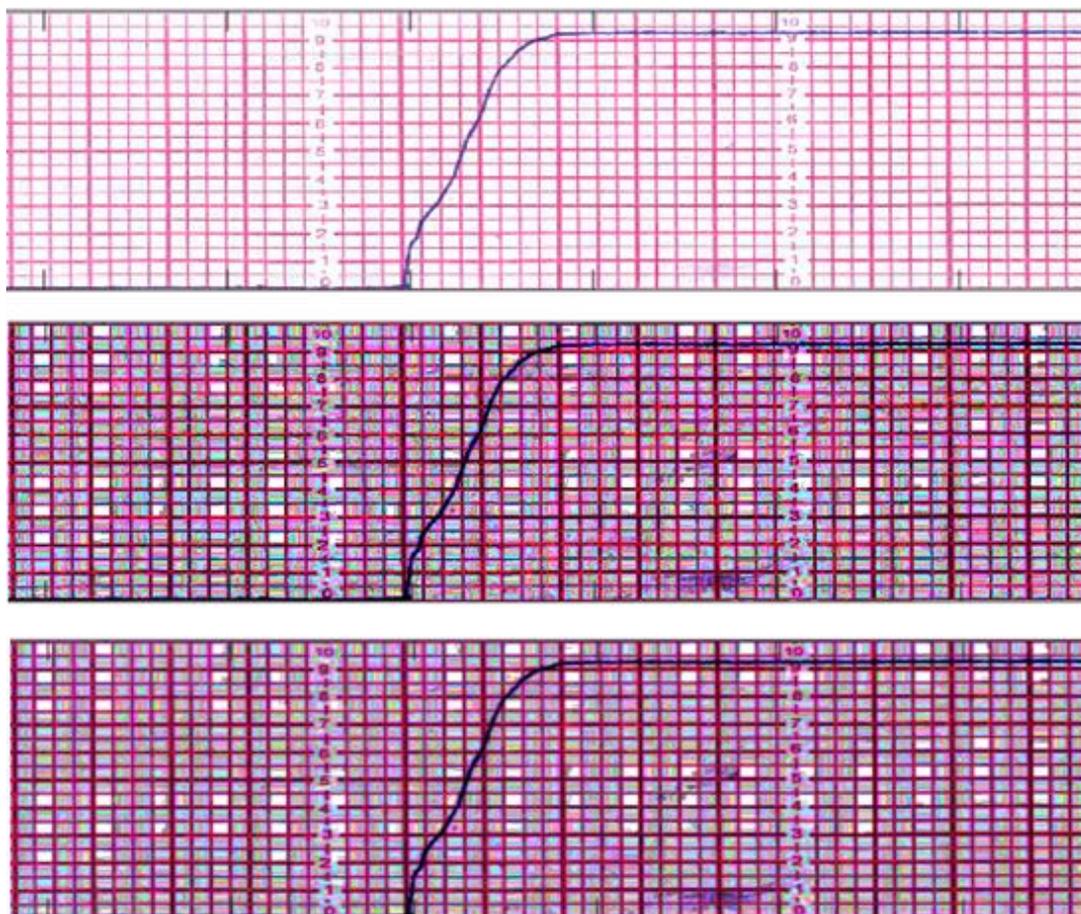
## 2.2 Acondicionamiento de la imagen

La Figura 1 muestra la imagen de una faja y el resultado de su descomposición; puede observarse en cada canal distintos contrastes entre la curva de datos y su fondo, por lo que en términos de los valores de los píxeles, los que corresponden a la curva son diferentes a los demás. Se puede ver que de elegir un plano para discriminar la curva, el que presenta mayor contraste es el que corresponde al espectro en R donde los grises claros son valores de píxeles altos en rojo mientras que sucede lo contrario en los píxeles que representan la curva.

Bajo este concepto se puede proceder a discriminar la curva del resto de la imagen, pero primero se debe realizar un acondicionamiento de la imagen a fin de realzar los valores de los píxeles y luego filtrar el ruido adicional que produce el equipo utilizado para escanear la faja y el asociado a la calidad de impresión y tinta utilizada. En este sentido se aplican a la imagen dos filtros: uno de ecualización y otro del tipo gaussiano.

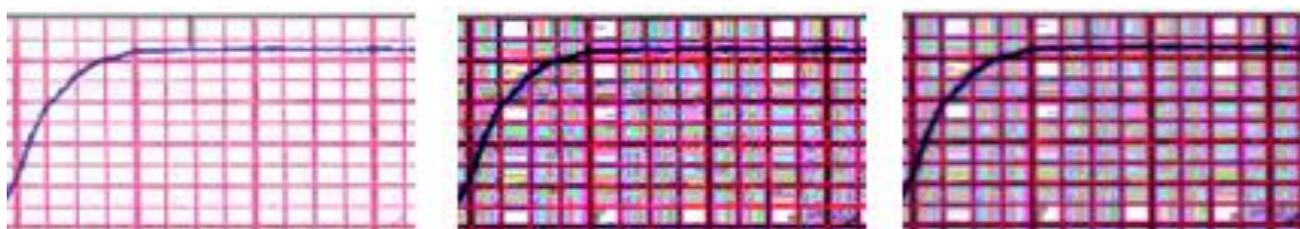
La utilización de funciones del tipo *histeq* permite mejorar el contraste utilizando la ecualización del histograma que implica la redistribución de los valores de grises de manera uniforme.

Por otro lado, a partir de aplicar un filtro del tipo Gaussiano, cada punto de la matriz (cada pixel de la imagen) será el resultado de promediar con distintos pesos los valores vecinos a ambos lados de dicho punto, ayudando a reducir el ruido propio del escaneo. Se tiene que tener en cuenta que este filtro afecta al difuminado de los bordes (en menor grado que un filtro de media simple), más aun si se lo aplica de manera iterativa donde los resultados pueden ser contraproducentes. En la Figura 2 tenemos la faja y los resultados de la aplicación de los filtros descriptos.



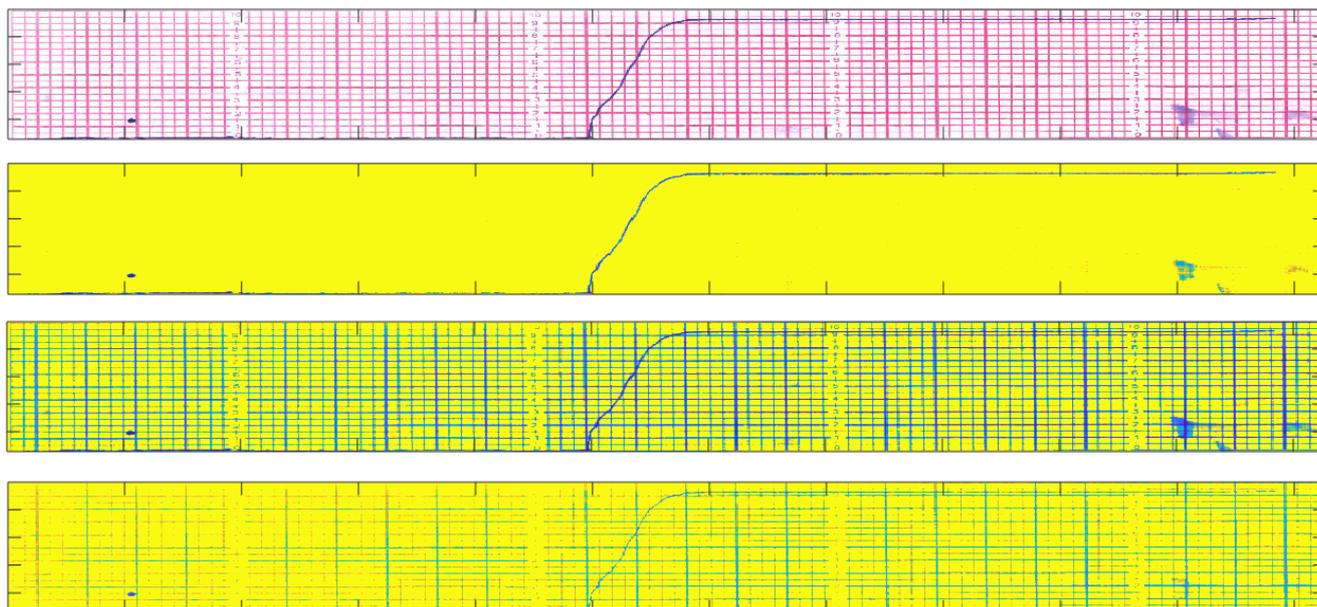
**Figura 2.** Faja original (superior) y luego los resultados de aplicar el filtro de ecualización y luego el Gaussiano.

Si hacemos un zoom donde está la curva de cada imagen de la Figura 2 podemos ver como primero aumenta la intensidad de los colores entre los pixeles mejorando el contraste, y luego se mejora la calidad de los bordes haciendo más suave la curva, eliminando en parte la vibración de la pluma durante el trazado (ver Figura 3).



**Figura 3.** Segmento de faja original (primera a la izquierda) y luego los resultados de aplicar el filtro de ecualización y luego el Gaussiano.

Ahora, analizando nuevamente las bandas de la imagen obtenida luego de los procesados, como se muestra en la Figura 4, veremos que el contraste entre la marcha medida y el fondo es mejor aún, mostrando claramente la curva en el segundo gráfico:

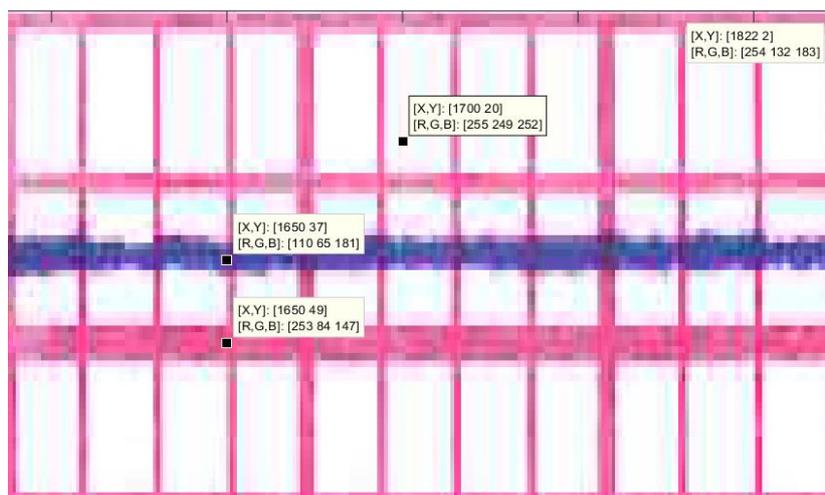


**Figura 4.** Faja escaneada original versus bandas de la imagen acondicionada. En el segundo gráfico puede verse la mejora del contraste entre la curva y el fondo, en el espectro R (comparece con la Figura 1).

### 2.3 Vectorización de la curva de datos

Una vez que ha sido acondicionada la imagen escaneada podemos proceder a discriminar (“levantar”) la curva del resto de la imagen con mayor exactitud y un nivel de error más reducido. Existen varios métodos para la detección de bordes tales como Roberts, Prewitt, Sobel o Frei-chei (ver Matlab 2017), pero debido a que no se obtuvieron resultados satisfactorios, al menos en una instancia preliminar, se procedió a seguir el método de identificación iterada de los valores de pixel correspondientes a la curva.

Para seguir éste método lo primero es identificar el valor del pixel que corresponde a la curva; en la Figura 5 se observa que el valor de éstos cambia dependiendo de donde nos situemos.



**Figura 5.** Valores de pixeles sobre la curva y sobre la grilla.

Teniendo el dato como referencia y abriendo la imagen como una matriz en el espectro de mayor contraste se la puede recorrer por columna y levantar el dato que se corresponde a la curva.

En la Figura 6 se ve la matriz abierta y el valor '110' que corresponde a lo buscado. Notar como al desplazarnos hacia izquierda o derecha sobre la fila los valores son similares, lo cual no sucede en las otras dos direcciones.

	1647	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656
24	238	249	255	210	188	231	255	255	240	235
25	255	255	255	255	255	255	255	255	255	246
26	237	246	255	255	255	255	255	255	252	245
27	253	252	255	253	233	255	248	244	225	228
28	255	255	255	253	226	255	255	255	255	255
29	234	236	247	174	138	174	234	233	216	218
30	226	236	255	188	147	186	239	239	222	222
31	255	255	255	228	189	234	255	255	255	255
32	255	255	255	224	181	218	255	255	255	255
33	255	255	255	247	203	227	255	255	255	255
34	245	255	255	224	185	198	192	203	195	191
35	112	134	157	124	97	101	84	95	86	83
36	70	91	117	101	87	84	88	96	85	84
37	81	95	117	110	104	96	78	80	67	69
38	87	93	110	107	104	93	94	93	77	82
39	209	166	192	171	164	198	232	230	202	194
40	255	255	255	241	210	236	255	255	255	255
41	255	255	255	216	171	203	255	255	248	252
42	252	255	255	207	171	223	255	255	250	251
43	255	255	255	211	178	237	255	255	253	253
44	248	255	255	206	165	212	255	255	242	243
45	255	255	255	255	212	250	255	255	255	255

**Figura 6.** Arriba, tramo de imagen donde se aprecia la curva medida y los valores de los pixeles RGB en cada sector de la faja. Abajo el mismo tramo pero observando el valor de los pixeles, puede observarse como cambian cuando nos encontramos sobre la curva.

Una vez detectado el punto se debe realizar un cambio de unidades reasignando a cada pixel un valor en términos de la variable medida. Para esta tarea se debe fijar primero un marco de referencia valiéndonos de la cuadrícula de la faja (teniendo debida cuenta de los márgenes); al pixel superior se le asigna el valor máximo del rango de medición del instrumento, mientras que se hace lo inverso con el pixel inferior de la cuadrícula. Una vez definido este marco, se analiza cada punto (pixel) de la curva respecto a la posición que ocupa dentro del marco definido y se le asigna un valor físico, en este caso un valor de precipitación medida.

Este método es aplicado al modelo de faja sobre la que se está trabajando, considerando que para otras se debe cambiar la manera con la que se recorre la faja para asignarle valor a lo medido (en el caso de la faja curva la parametrización corresponde a la asignación de un valor en términos de la posición en la que nos encontramos en el recorrido del arco que realiza la curva, analizándolo en términos trigonométricos).

Después de realizar el cambio de unidades, el elemento se lo guarda y pasa a formar parte del vector de la serie medida, y se continúa con la siguiente columna en la búsqueda del siguiente dato. Considerando que una imagen puede estar compuesta, de acuerdo a su resolución, por 4000 columnas por ejemplo, la aplicación de rutinas de Matlab permite iterar de manera cómoda esta operación en muy poco tiempo.

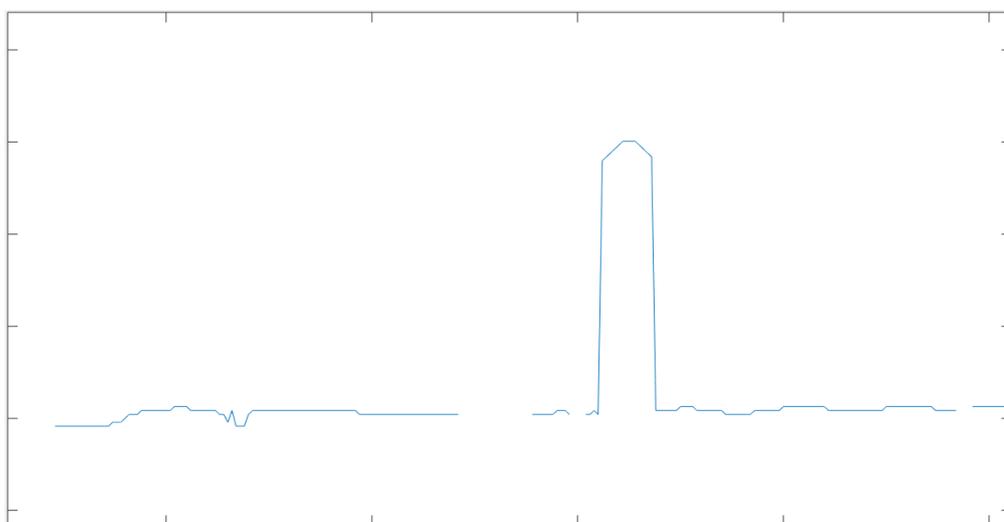
Tener presente que una vez que se levanta la curva, lo que realmente se obtiene son datos medidos útiles, que luego de un acondicionamiento adecuado y verificación, están listos para el desarrollo de productos tales como curvas de acumulados o análisis minutales por ejemplo.

## 2.4 Filtrado de indeseables

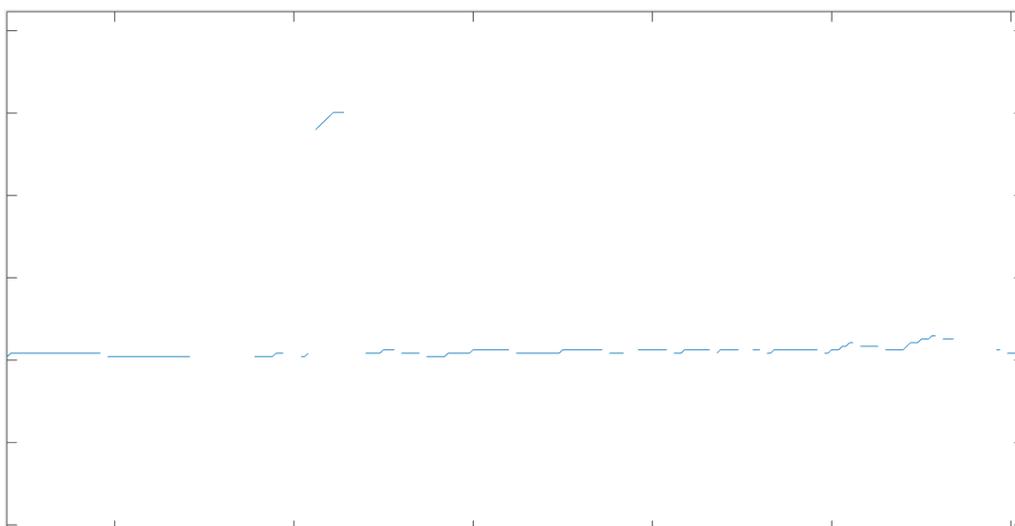
Una vez que se dispone de la curva se puede proceder a filtrar picos asociados a manchas y motas de tinta que pueden generar falsos datos o extremos de medición.

Estos picos asociados a manchones o salpicaduras de tinta (ver Figura 7) son bruscos aumentos en el tiempo, por lo que si analizamos la curva obtenida y comparamos cada dato de la misma respecto al anterior, podremos identificar estos picos anómalos si la comparación da una variación –diferencia– mayor a cierto valor (en una situación normal los picos máximos son alcanzados luego de una variación progresiva de la medición).

La Figura 7 muestra un fragmento de la curva obtenida donde se aprecia un pico asociado a una salpicadura de tinta, mientras que la Figura 8 muestra el mismo fragmento luego de ser filtrado en una primera pasada; notar como parte del máximo ha desaparecido.

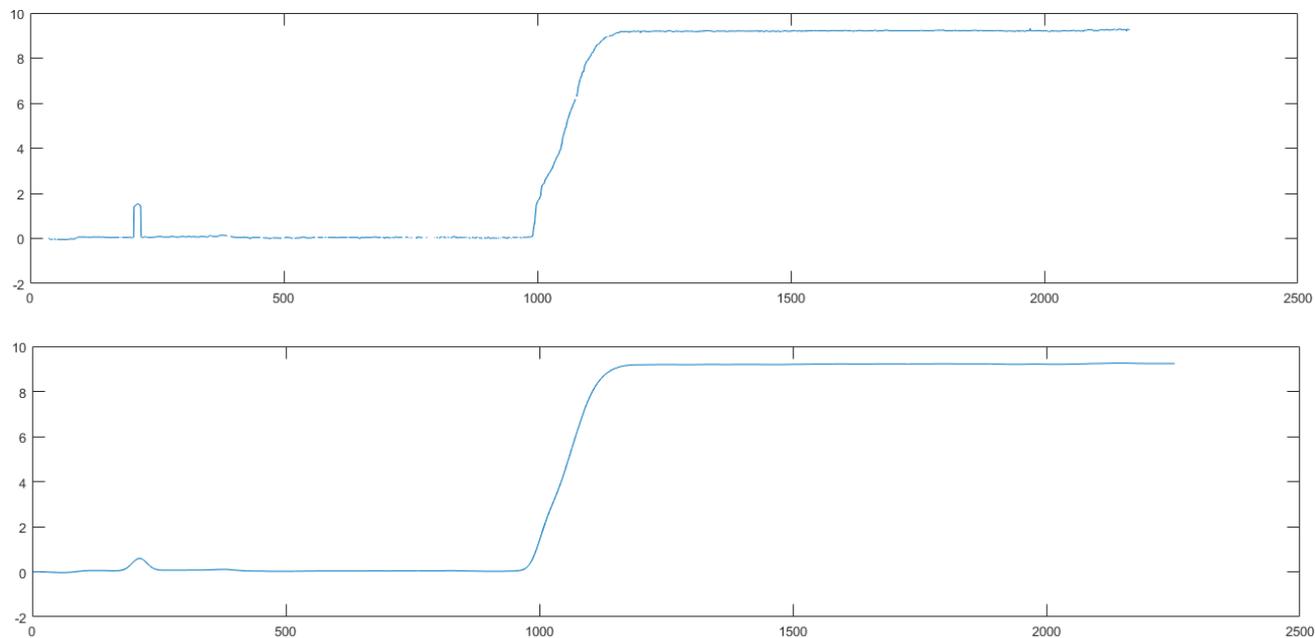


**Figura 7.** Fragmento de curva donde se observa un máximo asociado a una salpicadura.



**Figura 8.** Mismo fragmento pero filtrado en parte el máximo de la Figura anterior.

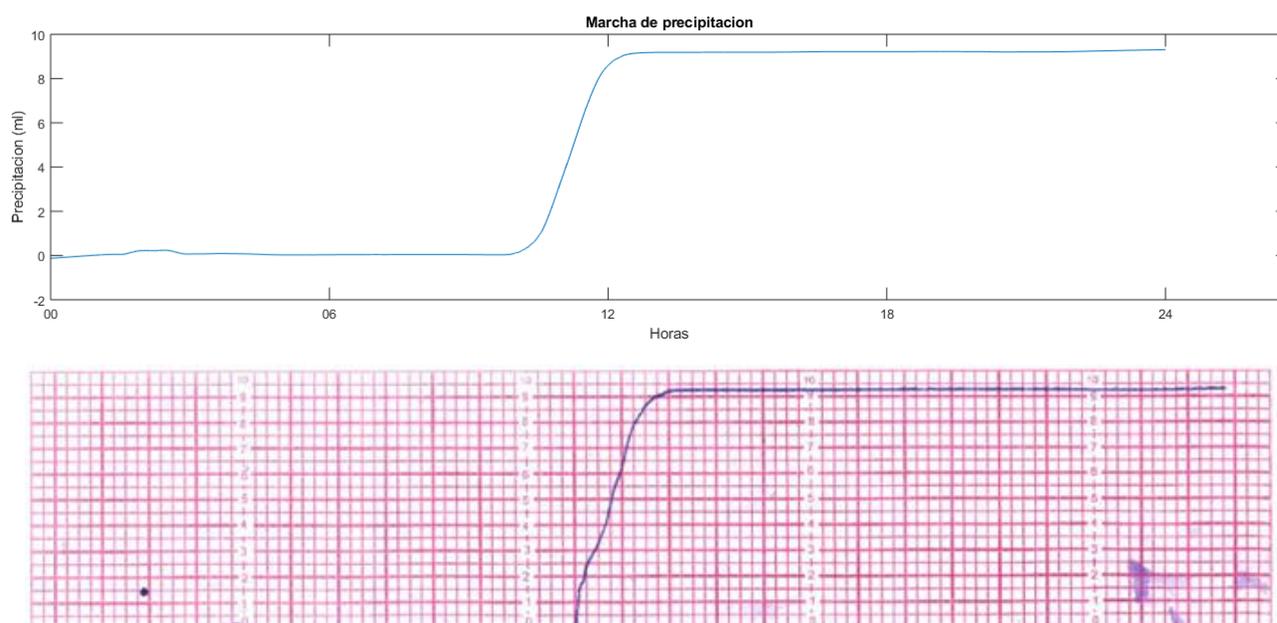
A continuación funciones del tipo *smooth* y *hanning* (Universidad de Jaén, 2010) permiten acondicionar la curva uniendo puntos faltantes (debido al proceso de adquisición) y suavizar remanentes del filtrado de indeseables. La Figura 9 muestra el antes y después de la aplicación del suavizado.



**Figura 9.** Curva antes y después del suavizado.

### 3. RESULTADO

Finalmente la curva se la parsea en tiempo y se completa el proceso de digitalización, tal como se ve en la Figura 10.



**Figura 10.** Ploteo final del proceso de obtención de datos de la faja (superior) y la imagen de la faja original.

Analizando la curva obtenida respecto a la faja original podemos concluir que:

- La curva se asemeja a la faja tanto en forma como los valores registrados.
- El método es aplicable a fajas de otro tipo de instrumentos convencionales tales como barógrafos, termógrafos e hidrógrafos, haciendo los debidos ajustes respecto a unidades, escalas y método de desplazamiento sobre la matriz correspondiente a la imagen de la faja.
- Los procesos para eliminar errores asociados a saltos de tinta pueden llegar a generar una pérdida de resolución en varias partes de la curva (notar en la Figura 10 entre las 12 y 15 hs).

Respecto de este último punto, otros procesos como los de rastreo de curva (Jaklič y otros, 2014) pueden mejorar los resultados aunque están sujetos también a inconvenientes tales como cortes en la medición, pérdida de presión de la pluma o manchones, que pueden generar falsos valores.

Finalmente de plantear seguir este proceso de manera operativa implicaría un estudio de un mayor número de casos y una mejora de las rutinas que incluyan una análisis de algebra matricial y segmentación más fino, teniendo en cuenta al mismo tiempo que estas mejoras pueden traer aparejado un aumento de los tiempos de procesado y poder de computo requerido.

## 4. REFERENCIAS

Jaklič A., L. Sajn, G. Derganc, P. Peer, 2016: Automatic digitization of pluviograph strip charts. *Meteorological Applications*, 23, 2016, pp. 57-64.

Matlab, 2017: Manual de usuario Matlab R2017b.

Universidad de Jaén, 2010: Reducción del ruido en una imagen digital.

## Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía ([rdelia@smn.gov.ar](mailto:rdelia@smn.gov.ar)), Luciano Vidal ([lvidal@smn.gov.ar](mailto:lvidal@smn.gov.ar)) o Martín Rugna ([mrugna@smn.gov.ar](mailto:mrugna@smn.gov.ar)) de la Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo ([macevedo@smn.gov.ar](mailto:macevedo@smn.gov.ar)).