

ACELERÓMETRO IDIA – MODELO 2025

MANUAL DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN





CARACTERÍSTICAS

- Procesador ARM Cortex A8, 1GHz
- Subprocesador de tiempo real de 32 bits y 200MHz
- Memoria SDRAM 512 MB
- Almacenamiento en memoria SD expansible hasta 128 GB
- Sistema operativo Linux para sistemas embebidos
- Acelerómetro Triaxial
- Máxima aceleración: ± 2 g
- Ancho de banda: 250 Hz
- Densidad de ruido: $25 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Frecuencia de muestreo: Hasta 1000 muestras por segundo
- Algoritmo de disparo: Por nivel y STA/LTA
- Sincronización: GPS, NTP y RTC
- Telemetría en tiempo real vía protocolo estándar Seedlink
- Formato de archivos en CSV y MiniSeed
- Prueba del sensor: Pulso de calibración
- Puerto ethernet 10/100 (TCP/IP, UDP, DHCP, DNS, HTTP, ICMP): Comunicación, telemetría en tiempo real, descarga de archivos, configuración de parámetros
- Servidor Web integrado para descarga y visualización de archivos y configuración de parámetros de funcionamiento
- Puerto USB 2.0: Comunicación, telemetría en tiempo en tiempo real, descarga de archivos, configuración de parámetros. Arquitectura bridge USB-ethernet
- Puerto USB 2.0: Para grabación automática de archivos de eventos en unidad de memoria extraíble
- Comunicación mediante VPN integrada
- Batería de litio-ion, capacidad de 4400 mAh. Expansible a pedido
- Leds de encendido, estado, conexión a internet y grabación en unidad extraíble



Instituto de Investigaciones Antisísmicas
"Ing. Aldo Bruschi"
Universidad Nacional de San Juan
FACULTAD DE INGENIERÍA

- Software asociado y manual de usuario
- Gabinete estanco en fundición de aluminio
- Gabinete con protección IP66 y conectores M12
- Rango de temperatura: -20°C a 75°C
- Rango de humedad: 0 a 100 % RH



DESCRIPCIÓN DE CONECTORES



1. Pulsador de encendido/apagado
2. Conector para fuente de alimentación externa
3. Conector USB 2.0 para grabación de archivos en unidad extraíble
4. Conector mini USB 2.0 para comunicación
5. Led de encendido
6. Led de estado
7. Led de grabación en unidad extraíble
8. Led de conexión a internet
9. Conector RJ45 puerto ethernet
10. Conector para antena GPS



DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El acelerómetro IDIA modelo 2025 está basado en un sensor de tecnología MEMS de bajo nivel de ruido que permite garantizar una discriminación en la aceleración menor a 1mg. La aceleración en el terreno se registra en 3 componentes con direcciones longitudinal, transversal y vertical al equipo.

El acelerómetro cuenta con una unidad de control basada en un procesador ARM Cortex A8 corriendo a una frecuencia de 1 GHz. Este procesador alberga una distribución Linux para sistemas embebidos. Para la adquisición de datos desde el sensor de aceleración se cuenta con una unidad de subprocesamiento basada en un microcontrolador de tiempo real de 32 bits y 200 MHz.

Para la descarga y visualización de archivos de eventos y configuración de parámetros el acelerómetro cuenta con una interfaz implementada como servidor de páginas web. Esta interfaz es amigable e intuitiva y permite en segundos acceder a la configuración de los parámetros más útiles para el funcionamiento del acelerómetro como también a la descarga de los archivos generados por el dispositivo, ya sea en formato propio con extensión CSV o en formato estándar MiniSeed; además, se pueden previsualizar los eventos mediante la generación de un gráfico que se descarga en formato PNG.

La temporización del acelerómetro procede de tres fuentes: servidor NTP, si hay conexión activa a internet, módulo GPS si hay acceso a esta señal en la ubicación elegida o reloj de tiempo real (RTC). En este último caso, se puede configurar la hora de este reloj mediante un comando enviado por página web.

El acelerómetro cuenta con la posibilidad de enviar datos de aceleración en tiempo real mediante el protocolo estándar Seedlink. Para esta tarea existe un servidor Seedlink integrado en el software del acelerómetro que a petición de los clientes envía registros miniseed en tiempo real.



Para una comunicación segura sobre internet, el acelerómetro posee una VPN integrada también en el software del equipo. Esta VPN permite el uso de todos los protocolos de internet con que cuenta el acelerómetro, tales como http, ssh, ftp, etc, en forma segura y confidencial.

El dispositivo incluye:

- Acelerómetro IDIA modelo 2025
- Fuente de alimentación de 5 VDC 2A
- Cable mini USB
- Antena GPS
- Patch Cord Ethernet
- Manual de usuario

INSTALACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO

- Colocar en superficie plana y bien nivelada
- Perforar en la superficie a instalar, colocar anclaje de expansión y bulón de fijación. Luego encastrar el acelerómetro mediante la ranura inferior del gabinete.
- Conectar fuente de alimentación al suministro de energía y al conector de alimentación del acelerómetro.
- Conectar la antena GPS provista en el conector GPS y ubicar la antena en un espacio abierto donde pueda recibir señal de los satélites GPS.
- Opciones de comunicación:
 - Conexión cable ethernet: En este modo de comunicación se debe conectar el cable patch cord suministrado al conector ethernet del acelerómetro y a un dispositivo de red como switch o router.
 - Conexión cable mini USB: En este modo de comunicación se debe conectar el cable mini USB provisto al conector mini USB del acelerómetro y a un puerto USB libre de la PC o notebook utilizada para la comunicación.
- Encender el equipo presionando por un momento el pulsador de encendido. Luego de que encienda el equipo hay que esperar unos momentos para que el equipo esté operativo. Esta condición será evidente con el parpadeo del led de estado. Llegar al



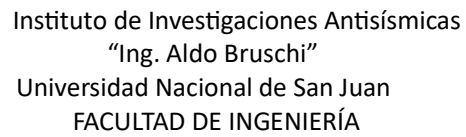
estado de operatividad puede tardar como máximo un minuto, mientras la unidad de control inicia todo el sistema.

- **Estado de los Leds:**

- Led de encendido: Se enciende cuando se enciende el equipo y permanece continuamente en este estado. El pulsador de encendido también cuenta con un led interno que indica lo mismo.
- Led de estado: En funcionamiento normal, parpadea cada medio segundo; en estado de captura de eventos parpadea cinco veces más rápido.
- Led grabación de archivos: Este led enciende cuando se inserta una unidad extraíble o pendrive en el puerto USB del acelerómetro y se comienzan a grabar los archivos en esta unidad. El led se apaga cuando se grabaron todos los archivos y es seguro retirar la unidad. Se graban los archivos con extensión CSV ubicados en la carpeta de Eventos del acelerómetro. Si el led no enciende no se graban los archivos, lo cual puede indicar un error con la unidad extraíble. Es deseable conectar una unidad vacía para hacer más eficiente y segura la grabación de los archivos.
- Led de conexión a internet: Este led se enciende si hay conexión a internet. Esta condición se evalúa cada 30 segundos.

- **Comunicación:**

- Una vez que el acelerómetro se encuentra operativo se puede acceder al servidor web integrado ingresando el nombre de dominio del acelerómetro en un navegador web. Este nombre de dominio varía según el cliente que adquiere el equipo y está seteado en la fabricación. Para los ejemplos subsiguientes el nombre de dominio será acelerometroullum1.local.
- En la siguiente imagen puede verse el aspecto general de la página principal del servidor web integrado:





Esta página está dividida en varios apartados. El primero es el destinado al listado de todos los archivos de eventos sísmicos almacenados en la memoria del equipo. Se pueden descargar cliqueando el nombre del archivo deseado. En la misma línea de cada nombre de archivo hay dos botones. Uno denominado Analizar es el encargado de generar un gráfico con formato PNG con los datos del archivo de evento; su descarga es automática en la carpeta de descargas por defecto del sistema operativo que use el cliente. El otro botón denominado MSEED se encarga de generar un archivo con formato estándar MiniSeed con los datos del archivo de evento. También su descarga es automática en la carpeta de descargas por defecto.

Otro apartado es el de Configuración del acelerómetro, que posee los siguientes campos editables:

- **Muestras por segundo:** Los valores admitidos son 100, 200, 250, 500 y 1000 muestras por segundo. El valor por defecto es de 200 mps.
- **Tiempo de preevento (segundos):** Representa la duración en segundos del buffer en memoria que almacena los valores de aceleración anteriores a que se produzca un evento sísmico. La duración máxima de este intervalo está relacionada con el valor de muestras por segundo según la siguiente tabla:
 - 100 mps = 20 minutos
 - 200 mps = 10 minutos
 - 250 mps = 8 minutos
 - 500 mps = 4 minutos
 - 1000 mps = 2 minutos
- **Tiempo de postevento (segundos):** Representa la duración en segundos del buffer en memoria que almacena los valores de aceleración posteriores al evento sísmico. A efectos prácticos es ilimitado.
- **Algoritmo de disparo:** Selecciona el algoritmo de detección de un evento sísmico. Puede ser del tipo STA/LTA, por nivel de umbral o una combinación de ambos.
- **Nivel de umbral (mg):** Indica a partir de qué valor umbral de aceleración se declara la condición de evento sísmico.



- **Ventana STA (segundos):** Especifica la duración en segundos de la ventana de detección STA (Short Term Average). Admite valores fraccionarios.
- **Ventana LTA (segundos):** Especifica la duración en segundos de la ventana de detección LTA (Long Term Average). Admite valores fraccionarios.
- **Trigger STA/LTA:** Especifica el cociente entre las ventanas STA y LTA a partir del cual se declara la condición de evento sísmico.
- **Dettrigger STA/LTA:** Especifica el cociente entre las ventanas STA y LTA a partir del cual se declara el fin de la condición de evento sísmico.
- **Selftest:** Permite generar un evento de prueba para testear el funcionamiento del acelerómetro en toda la cadena de adquisición y almacenamiento. Los archivos generados con esta condición llevan el nombre PRUEBA.
- **Registro Continuo:** Permite generar un almacenamiento continuo de los datos de aceleración en archivos consecutivos (no desarrollado aún).

Una vez que se han seleccionado los parámetros adecuados, al presionar el botón Guardar Cambios se almacenan los parámetros en un archivo de configuración denominado CONFIG.CSV. Este archivo también puede ser editado manualmente y tiene el siguiente formato (abierto en Excel):

	A	B	C	D	E	F	G
1	Comentarios:	Acelerometro para Movimiento Fuerte IDIA 2024					
2	Zona Horaria(Argentina:-3):	-3					
3	Muestras_Por_Segundo(100:200:250:500:1000):	200					
4	Tiempo_Preevento(Segundos):	10					
5	Tiempo_Postevento(Segundos):	10					
6	Algoritmo_Disparo(0:STA/LTA,1:Nivel,2:Ambos):	0					
7	Nivel_Umbra(mg):	10					
8	Ventana_STA(Segundos):	0.2					
9	Ventana_LTA(Segundos):	5					
10	Trigger_STA/LTA:	6					
11	Dettrigger_STA/LTA:	2					
12	Selftest(0:NO,1:SI):	0					
13	Registro Continuo(0:NO,1:SI):	0					
14							
15							
16							
17							

Cada campo es autodescriptivo y el primer campo está destinado a insertar un texto corto que aparecerá en el encabezado de cada archivo de evento con extensión CSV.



Otro apartado de la página web es el denominado Ubicación, que muestra un pequeño mapa con la ubicación del acelerómetro si está disponible la señal GPS.

El último apartado es el denominado Documentación que permite descargar este manual en formato PDF.

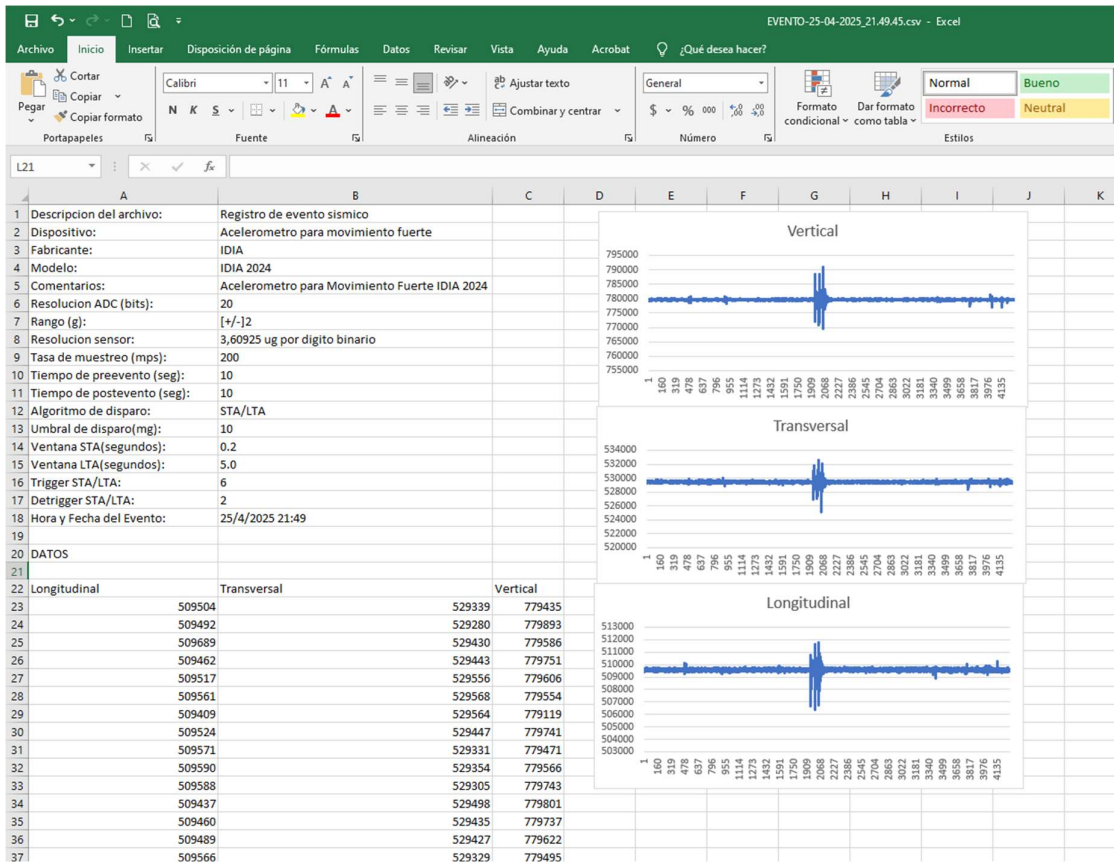
Cabe aclarar que esta comunicación vía servidor web es posible y transparente para el usuario ya sea que se use la conexión Ethernet o la conexión por cable USB. Esto último es posible gracias a la arquitectura Bridge USB-Ethernet implementada en el software del acelerómetro. Por defecto, en la conexión USB se asigna la dirección IP 192.168.7.2, la cual puede utilizarse en lugar del nombre de dominio. Por otro lado, para la comunicación por cable Ethernet la dirección IP se asigna mediante DHCP y para conocerla hay que usar un método detallado en un posterior apartado.

- **Formato de archivos:**

- El acelerómetro en su funcionamiento normal genera los siguientes tipos de archivos:
- Extensión CSV (valores separados por comas). Es el formato de archivo generado por el acelerómetro cuando se detecta un evento sísmico. Presenta la siguiente estructura (abierto en Excel):

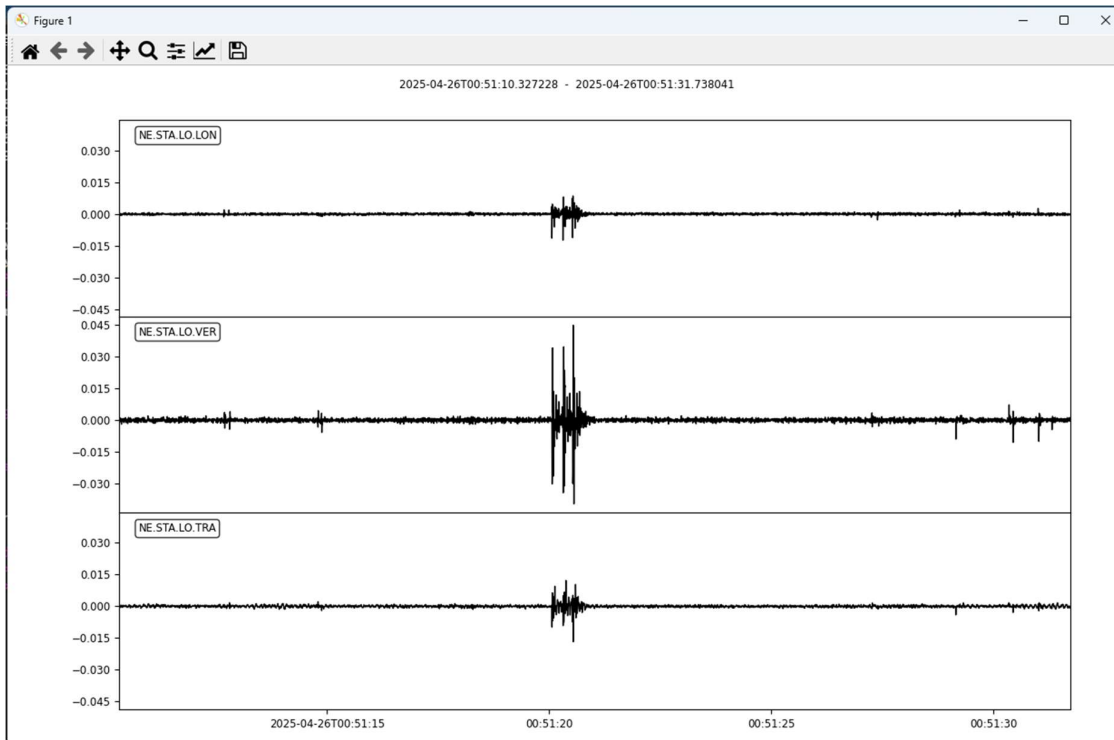


Instituto de Investigaciones Antisísmicas
"Ing. Aldo Bruschi"
Universidad Nacional de San Juan
FACULTAD DE INGENIERÍA

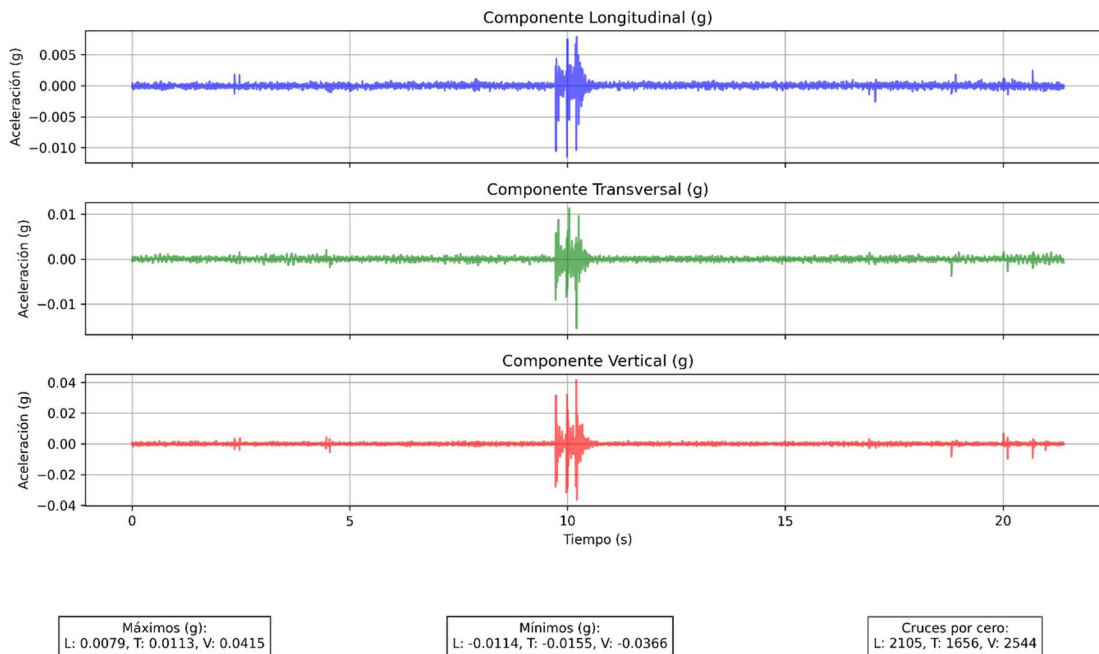


Está compuesto de un encabezado con información relacionada al evento sísmico y a la configuración del acelerómetro con que fue registrado. Seguido de este encabezado están los valores numéricos que entrega el sensor de aceleración y que están relacionados con el valor efectivo de aceleración mediante una constante de conversión. Estos valores están afectados por un valor de offset que depende de cada canal de datos y que deben ser removidos en un análisis posterior. El nombre de estos archivos sigue la siguiente convención: La palabra EVENTO seguida de fecha y hora del sismo en el formato dd-mm-aaaa_hh.mm.ss. En el caso de que el archivo sea generado por una prueba de selftest, se cambia la palabra EVENTO por PRUEBA.

- Extensión mseed: Son los archivos que se generan mediante la página web del servidor y consisten en la conversión de los archivos de eventos CSV a formato estándar miniseed. Abajo puede verse la representación gráfica de este tipo de archivos mediante el uso de la librería sismológica Obspy:



- Extensión PNG: Son los archivos generados mediante el botón Analizar de la página web del servidor. Es un formato gráfico y es de utilidad para visualizar rápidamente el sismo seleccionado y compartir esta información sin mayores procesamientos. Abajo se muestra un ejemplo del contenido del archivo.



- **Descarga de archivos por FTP**

Otra opción para descargar los archivos generados por el acelerómetro es acceder a los mismos por cliente FTP.

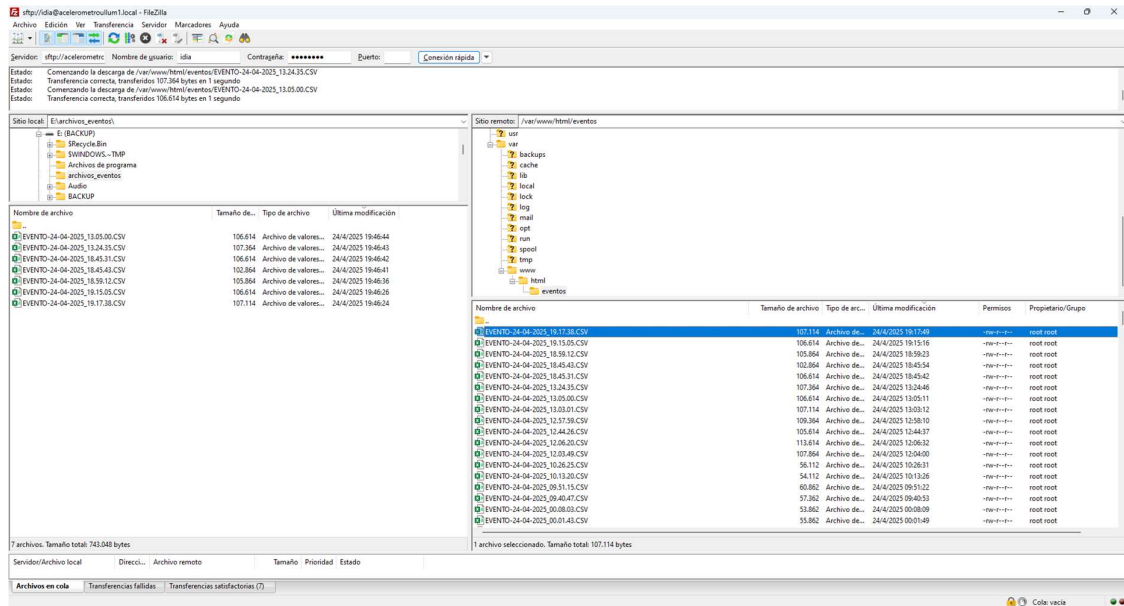
Para acceder se necesitan los siguientes datos:

- Servidor: nombre de dominio o dirección IP, en este caso `acelerometroullum1.local`
- Usuario: Es el usuario del sistema operativo Linux donde corren los programas del acelerómetro. Cambian según el cliente que adquiere el acelerómetro. En este caso se usa como nombre de usuario: `idia`
- Password: Contraseña asociada al usuario de Linux. En este caso se usa: `idia2025`
- Puerto: Por defecto se usa el puerto 22 para acceso FTP

Al acceder al sistema mediante FTP se listarán una serie de carpetas del sistema Linux. La que interesa para acceder a los eventos registrados es `eventos` y se encuentra en la siguiente ruta: `/var/www/html/eventos`. Abajo se puede ver un ejemplo accediendo mediante el programa cliente de FTP FileZilla.



Instituto de Investigaciones Antisísmicas
"Ing. Aldo Bruschi"
Universidad Nacional de San Juan
FACULTAD DE INGENIERÍA



- **Temporización**

La temporización del sistema proviene de tres fuentes: Servidor NTP, módulo GPS y reloj de tiempo real (RTC). Un programa independiente del programa que captura los datos sísmicos y genera los archivos se encarga de actualizar la hora y fecha del sistema chequeando periódicamente las fuentes de temporización según la siguiente secuencia:

- Verifica que exista conexión a internet. Si la hay, actualiza la hora del sistema con los datos provistos por un servidor NTP (Network Time Protocol). Además, actualiza la hora y fecha del RTC.
- Si no hay conexión a internet busca una señal activa proveniente del módulo GPS. Si la encuentra actualiza la hora y fecha del sistema y del RTC con estos datos.
- Si no encuentra datos válidos provenientes del módulo GPS se procede a actualizar la hora y fecha del sistema con los datos del RTC. En este caso es probable que deba actualizarse la hora de RTC si presenta un error de precisión.
- En el caso de tener que actualizar la hora del RTC se ha previsto una función alojada en el servidor web que permite establecer la hora y fecha del RTC y del sistema con la hora y fecha del sistema cliente que invoca al servidor web del acelerómetro. Esta función se denomina `sincro_rtc.php` y se accede a ella



desde el navegador de la forma nombre_dominio.local/sincro_rtc.php. En nuestro ejemplo sería `acelerometroullum1.local/sincro_rtc.php`. Todo lo que hay que hacer al acceder a esta función es apretar el botón Sincronizar ahora para que se envíe la hora y fecha del cliente al RTC y sistema del acelerómetro. Una leyenda permite conocer la respuesta del sistema para verificar la actualización. Abajo se ve un ejemplo de lo mencionado.

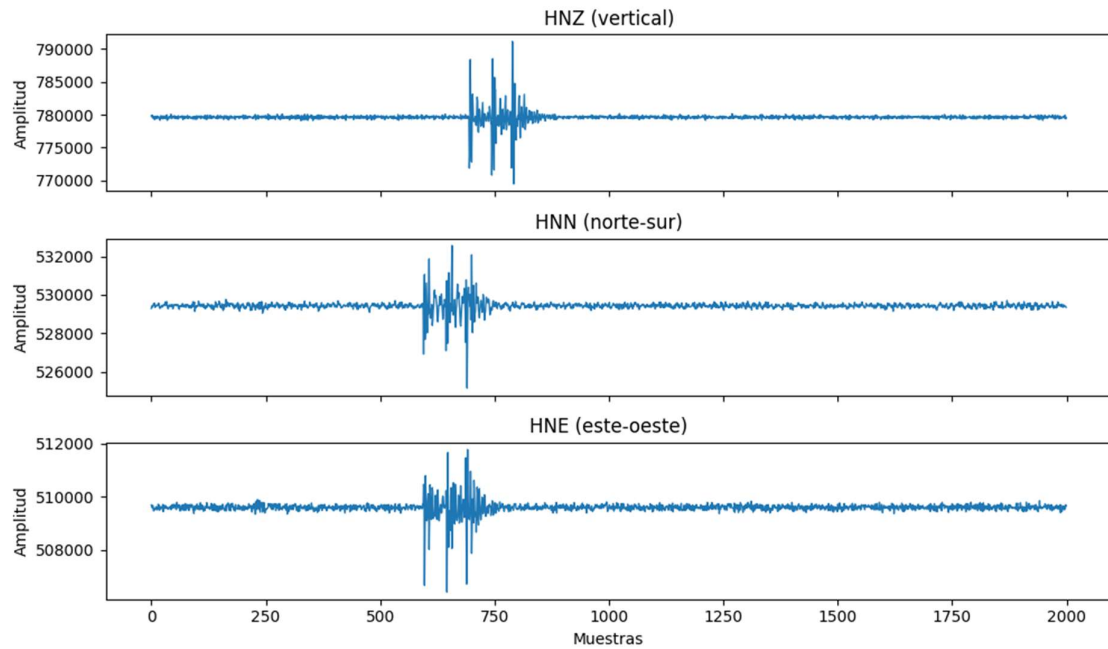


- **Telemetría en tiempo real**

El acelerómetro cuenta con un servidor Seedlink integrado en su software, lo que permite el envío en tiempo real de los datos de aceleración en paquetes o registros con formato miniseed.

Para acceder a estos datos hay que contar en la máquina cliente con un software que implemente un cliente seedlink. Para el ejemplo de este manual se ha utilizado el software sismológico Obspy.

El acceso se logra desde el cliente seedlink conectado al servidor con la dirección `nombre_dominio.local:18000`; donde 18000 es el puerto por defecto para la comunicación seedlink. En nuestro ejemplo sería: `acelerometroullum1.local:18000`. Abajo puede apreciarse una captura de pantalla de los datos en tiempo real arribando al cliente seedlink. El desfase que puede observarse entre los distintos canales se debe a la velocidad con se grafican los datos en tiempo real en el software Obspy.



- **Archivo bitácora**

El acelerómetro genera constantemente entradas a un archivo de bitácora denominado LOG.TXT que registra la salida de mensajes de funcionamiento del programa principal encargado de adquirir y almacenar los datos de eventos sísmicos. Cada entrada está referenciada con fecha y hora en que se produjo. Abajo puede observarse un fragmento de este archivo:



```
#####
ACELEROMETRO PARA MOVIMIENTO FUERTE IDIA 2025
INICIALIZA LEDS DEL SISTEMA
INICIALIZA COMUNICACION CON SERVIDOR DATALINK
Establecida comunicacion con servidor datalink
INICIALIZA TIMER DE 1 MILISEGUNDO
Timer inicializado
INICIALIZA SHELL UART
INICIALIZA MODULO SENSOR DE ACELERACION
Hora y fecha: 21:46:36-25/04/2025
21:46:36-25/04/2025 - Archivo de Configuracion Encontrado
21:46:36-25/04/2025 - Parametros del Archivo de Configuracion:

Comentarios: Acelerometro para Movimiento Fuerte IDIA 2024
Zona horaria: -3
Muestras por Segundo: 200
Tiempo de Preevento: 10
Tiempo de Postevento: 10
Algoritmo de Disparo: STA/LTA
Umbral de Disparo: 10
Ventana STA: 0.200000
Ventana LTA: 5.000000
Trigger STA: 6
Detrigger STA: 2
Selftest: NO
21:46:36-25/04/2025 - LISTO PARA CAPTURAR
21:47:34-25/04/2025 - ARCHIVO DE CONFIGURACION NO MODIFICADO
21:48:34-25/04/2025 - ARCHIVO DE CONFIGURACION NO MODIFICADO
21:49:33-25/04/2025 - ARCHIVO DE CONFIGURACION NO MODIFICADO
21:49:45-25/04/2025 - COMIENZO EVENTO SISMICO
Nombre archivo: /var/www/html/eventos/EVENTO-25-04-2025_21.49.45.CSV
21:49:56-25/04/2025 - FIN EVENTO SISMICO
21:49:56-25/04/2025 - LISTO PARA CAPTURAR
21:50:32-25/04/2025 - ARCHIVO DE CONFIGURACION NO MODIFICADO
21:51:32-25/04/2025 - ARCHIVO DE CONFIGURACION NO MODIFICADO
21:52:30-25/04/2025 - ARCHIVO DE CONFIGURACION NO MODIFICADO
```

- **Comunicación por VPN**

El acelerómetro también cuenta con una VPN o red privada virtual que posibilita la comunicación por internet en forma segura y privada. De esta manera se pueden utilizar con confianza todas las características del acelerómetro implementadas en protocolos de red como http, ftp, ssh, etc.

La VPN utilizada es Tailscale, que brinda un funcionamiento robusto y escalable.

Para el ejemplo utilizado hasta ahora, se ha creado una cuenta de Gmail dedicada, con nombre `acelerometroullum1@gmail.com` y contraseña `ullum1_2025`



La VPN debe instalarse en cada equipo que se quiera interconectar de forma segura. Luego el control de la red puede realizarse en la consola de administración web de Tailscale cuyo aspecto puede verse en la siguiente imagen:

The screenshot shows the Tailscale web console interface. At the top, the user is logged in as 'acelerometroullum1@gmail.com'. The navigation bar includes links for 'Machines', 'Apps', 'Services', 'Users', 'Access controls', 'Logs', 'DNS', and 'Settings'. The 'Machines' section is active, displaying a table of connected devices. The table has columns for 'MACHINE', 'ADDRESSES', 'VERSION', and 'LAST SEEN'. Two machines are listed: 'acelerometroullum1' (Linux 5.10.168-ti-rt-r82) and 'debian' (Linux 6.1.0-32-amd64). Both are connected to the tailnet.

MACHINE	ADDRESSES	VERSION	LAST SEEN
acelerometroullum1 acelerometroullum1@gmail.com	100.122.148.12	1.82.5 Linux 5.10.168-ti-rt-r82	Connected
debian acelerometroullum1@gmail.com	100.82.239.32	1.82.5 Linux 6.1.0-32-amd64	Apr 24, 10:39 PM GMT-3

En este caso pueden verse dos equipos en la red. El primero de nombre acelerometroullum1 es el acelerómetro IDIA. El otro, es una PC de escritorio con sistema operativo Linux Debian, usado para comunicarse con el acelerómetro en forma segura. Cada uno de los equipos en la red cuenta con su propia IP fija y nombre de dominio, que debe ser utilizado en reemplazo de nombre_dominio.local en toda clase de comunicación remota que acceda a los servicios del acelerómetro IDIA. Por ejemplo, si se quiere acceder a los datos en tiempo real mediante seedlink se debe utilizar el nombre de dominio proporcionado por Tailscale junto al puerto 18000 de la forma: acelerometroullum1.taile5b330.ts.net:18000. Y si se quiere acceder a la página principal del servidor web debería utilizarse la dirección IP 100.122.148.12 o el nombre de dominio acelerometroullum1.taile5b330.ts.net