



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

---

ESTUDIO Y COMPARATIVA DE LA RESPUESTA DINÁMICA DE TRENES  
METROPOLITANOS MEDIANTE DIFERENTES DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN EN LA  
RED DE METROVALENCIA

---

*Presentado por*

Hernández Castellanos, Nadia Maritza

---

*Para obtener el título de*

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TRANSPORTE, TERRITORIO Y URBANISMO

Fecha de presentación: València, diciembre de 2020

Tutor: Villalba Sanchis, Ignacio

Cotutor: Argente Cuesta, Sebastián

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración de mis tutores Ignacio Villalba y Sebastián Argente en el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster, quienes además de involucrarme en esta área tan apasionante de los ferrocarriles, me permitieron experimentar la operación de este sistema en la ciudad de Valencia.

A Pablo Salvador por brindarme su acompañamiento en el desarrollo de las pruebas de Auscultación Dinámica y ayuda ante las inquietudes presentadas el tratamiento de señales.

A mis padres y hermanos por la confianza y compañía incondicional que me han brindado en cada paso de mi vida y que tengo la certeza de que lo continuarán haciendo siempre.

A Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV) por permitirme desarrollar el estudio de este TFM en sus instalaciones, en especial a Jesús Cornelio y Jesús Alcayde por su paciencia y los conocimientos compartidos.

---

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	i
ÍNDICE .....	ii
LISTADO DE GRÁFICAS.....	iii
LISTADO DE TABLAS .....	v
LISTADO DE ECUACIONES.....	v
TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	1
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. JUSTIFICACIÓN.....	4
3. OBJETIVOS .....	6
4. AMBITO DE ESTUDIO .....	7
5. ESTADO DEL ARTE.....	13
6. METODOLOGÍA.....	19
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	27
8. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	48
9. BIBLIOGRAFÍA .....	50
10. ANEXOS .....	52

## LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. UT de 4 coches: motor, remolque, remolque, motor.....	7
Gráfica 2. Vehículos de 5 coches: motor, remolque, remolque motor, remolque, motor....	8
Gráfica 3. Recorrido de la Línea 2 (Torrent Avinguda-Llíria).....	9
Gráfica 4. Trazado de Línea 2 .....	10
Gráfica 5. Sistemas de Protección Línea 2. Fuente: (FGV, s. f.).....	12
Gráfica 6. Maleta Confemed.....	14
Gráfica 7. Acelerómetro Xsens MTi-30-2A8G4 .....	14
Gráfica 8. Caja Negra unidades 4300 MetroValencia.....	15
Gráfica 9. Ubicación de sensores en el vehículo. ....	17
Gráfica 10. Flujograma de la metodología aplicada .....	19
Gráfica 11. Ejes cartesianos de las aceleraciones en los equipos. ....	21
Gráfica 12. Tramo de Pruebas (FGV, s. f.).....	22
Gráfica 13. Trazado del tramo de estudio .....	23
Gráfica 14. Ubicación de los sensores en cabina de cola. ....	25
Gráfica 15. Instalación de sensores en el piso de la cabina. ....	25
Gráfica 16. Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje X.....	28
Gráfica 17. Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Y.....	28
Gráfica 18. Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Z.....	28
Gráfica 19. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje X.....	28
Gráfica 20. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Y.....	28
Gráfica 21. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Z.....	28
Gráfica 22. Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje X.....	29
Gráfica 23. Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Y.....	29
Gráfica 24. Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Z.....	29
Gráfica 25. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje X.....	29
Gráfica 26. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Y.....	29
Gráfica 27. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Z.....	29
Gráfica 28. Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje X.....	30
Gráfica 29. Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Y.....	30
Gráfica 30. Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Z.....	30
Gráfica 31. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje X.....	30
Gráfica 32. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Y.....	30
Gráfica 33. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Z.....	30
Gráfica 34. Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje X.....	31
Gráfica 35. Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Y.....	31
Gráfica 36. Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Z.....	31
Gráfica 37. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje X.....	31
Gráfica 38. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Y.....	31
Gráfica 39. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Z.....	31
Gráfica 40. Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje X.....	32

Gràfica 41. Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Y.....	32
Gràfica 42. Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Z.....	32
Gràfica 43. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje X.....	32
Gràfica 44. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Y.....	32
Gràfica 45. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Z.....	32
Gràfica 46. Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje X.....	33
Gràfica 47. Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje Y.....	33
Gràfica 48. Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje Z.....	33
Gràfica 49. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje X.....	33
Gràfica 50. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje Y.....	33
Gràfica 51. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje Z.....	33
Gràfica 52. Espectro de ruido de fondo Eje X.....	34
Gràfica 53. Espectro de ruido de fondo Eje Y.....	34
Gràfica 54. Espectro de ruido de fondo Eje Z.....	34
Gràfica 55. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 1, Eje X.....	36
Gràfica 56. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 1, Eje Y.....	36
Gràfica 57. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 1, Eje Z.....	36
Gràfica 58. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 2, Eje X.....	38
Gràfica 59. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 2, Eje Y.....	38
Gràfica 60. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 2, Eje Z.....	38
Gràfica 61. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 3, Eje X.....	39
Gràfica 62. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 3, Eje Y.....	39
Gràfica 63. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 3, Eje Z.....	40
Gràfica 64. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 1, Eje X.....	41
Gràfica 65. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 1, Eje Y.....	41
Gràfica 66. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 1, Eje Z.....	41
Gràfica 67. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 2, Eje X.....	42
Gràfica 68. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 2, Eje Y.....	43
Gràfica 69. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 2, Eje Z.....	43
Gràfica 70. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 3, Eje X.....	44
Gràfica 71. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 3, Eje Y.....	44
Gràfica 72. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 3, Eje Z.....	45
Gràfica 73. Resultados índice de Comodidad Media.....	47
Gràfica 74. Lectura Caja Negra P-AG, Maq. 1 (Velocidad y Tracción).....	68
Gràfica 75. Lectura Caja Negra P-AG, Maq. 2 (Velocidad y Tracción).....	69
Gràfica 76. Lectura Caja Negra AG-P, Maq. 2 (Velocidad y Tracción).....	69
Gràfica 77. Lectura Caja Negra P-AG, Maq. 3 (Velocidad y Tracción).....	70
Gràfica 78. Lectura Caja Negra AG-P, Maq. 3 (Velocidad y Tracción).....	70

---

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Longitud (km) de las Líneas acorde a su trazado.....	7
Tabla 2. Recorridos de las Líneas.....	8
Tabla 3. Grados de Automatización (©UITP) .....	11
Tabla 4. Procedimientos de Medición de Comodidad. Fuente: UNE-EN 12299 .....	16
Tabla 5. Escala preliminar índices de Comodidad Continua .....	18
Tabla 6. Escala de clasificación del índice de Comodidad Media, NMV. Fuente: UNE-EN 12299 .....	18
Tabla 7. Información de los maquinistas.....	24
Tabla 9. Conducción de maquinistas .....	45
Tabla 10. Resultados índice de Comodidad Media .....	47
Tabla 11. Formato diligenciado de toma de datos.....	67

## LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Valores cuadráticos medios de la aceleraciones ponderadas. Fuente: UNE-EN 12299	17
Ecuación 2. Cálculo de la comodidad continua .....	18
Ecuación 3. Método Normal de la Comodidad Media. Fuente: UNE-EN 12299 .....	18

## TÉRMINOS Y DEFINICIONES

*Auscultación:* Inspección del estado de vía ya sea por medio de equipos de auscultación o recorridos a pie. (1)(Á. de V. Adif 2018)

*Auscultación dinámica:* Registro de las aceleraciones en tres ejes medidas con vehículo auscultador o por medio de acelerómetros ubicados en los bogies, caja de grasa o dentro del vehículo. (Á. de V. Adif 2018)

*Banda de Mantenimiento:* Reserva de tiempo con la que el administrador de la infraestructura dispone para realizar el mantenimiento de la vía. (3)(D. G. de D. de N. C.-D. de G. y R. Adif 2020)

*Inspecciones visuales:* El personal experto lo realiza por medio de Vigilancia a Pie o en Cabina identificando anomalías en la marcha.

*Mantenimiento Correctivo:* Intervención inmediata de la infraestructura por incidencias no previsibles y que afectan la seguridad o la operación normal del servicio. (Á. de V. Adif 2018)

*Mantenimiento Preventivo:* Actividades de inspección y programación de las intervenciones para volver la vía a su estado inicial. (Á. de V. Adif 2018)

*Medición Directa:* Medición de la percepción de los pasajeros de las aceleraciones presentadas en el vehículo. Se pueden emplear cuestionarios.

*Medición Indirecta:* Medición de las aceleraciones percibidas en el vehículo.

*Procesos de auscultación:* La inspección de vía es el procedimiento que permitirá recolectar la información suficiente para determinar la afectación del confort que tiene el pasajero en relación con el estado real de la infraestructura o del vehículo.

*Auscultación Dinámica:* Se realiza por medio del equipo “Maleta de Confort” en trayectos con Trenes Regulares, midiendo las aceleraciones que se presentan en los tres ejes de la vía (transversal, longitudinal y vertical). Detecta los defectos de vía que producen lecturas de aceleraciones que se desfasan de los límites implementados.

*Auscultación geométrica:* Inspección que permite detectar los defectos geométricos de vía (variación del estado de vía del diseño al estado actual). Generalmente se realiza con vehículos auscultadores o equipos implementados en Trenes Regulares.

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el estudio de la respuesta dinámica y del confort ferroviario de trenes metropolitanos, mediante el uso de diferentes dispositivos que registran los datos de las aceleraciones ejercidas sobre la caja de viajeros.

Para ello, se llevará a cabo el tratamiento de resultados y correspondiente procesado de los datos registrados, lo que permitirá obtener la determinación de la respuesta en términos de aceleraciones y la evaluación del vehículo con respecto a la comodidad de viaje, según la norma europea UNE-EN 12299:2010. A partir de este estudio de campo, se comprobará el uso de dispositivos de medida que permitirán conocer las condiciones a bordo que afectan al confort y la respuesta de los pasajeros.

Los resultados de este trabajo permiten establecer una jerarquía de los distintos factores que influyen en la respuesta dinámica del vehículo; conocer de manera aproximada las causas físicas que afectan al movimiento y detectar puntos fuertes y puntos débiles referentes a los sistemas de medición empleados.

### **Palabras clave**

Ferrocarril; dinámica ferroviaria; medición; confort; vía; trenes.



## **ABSTRACT**

The project consists in the study of the dynamic response and rail comfort for metropolitan trains by using different devices that evaluates the accelerations on-board the train during the ride.

Accordingly, the treatment of results and post processing of the data recorded will be carried out, which will allow obtaining the determination of the response in terms of accelerations and the evaluation of the vehicle response with respect to travel comfort, according to the European standard UNE -EN 12299: 2010. From that study, the use of these new devices can provide the conditions on board that affect the comfort and response of passengers.

Results of this work allow us to establish a hierarchy of the different factors that influence the dynamic response of the vehicle; approximately know the physical causes that affect the dynamic response of the vehicle and evaluate strengths and weaknesses of the measurement systems used.

### **Key words**

Railway; train-track dynamic; measurement; comfort; rail track; trains.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Informe Especial N° 19 (Tribunal de Cuentas Europeo, 2018) a partir del año 1995 se realizó la mayor inversión de la historia Europea, para la ampliación de la red ferroviaria de alta velocidad, donde se destaca la ampliación de 1000 km de extensión en el año 1990 a 9000 km en el año 2017; “resaltando a España como el país que ejecuto el 47% de dicha infraestructura” y en la actualidad la construcción de la vasta red de metros, tranvías y trenes de cercanía tanto en Europa, Norteamérica y el boom ferroviario en Latinoamérica, evidencia la importancia del progreso continuo en el área del transporte en el mundo.

Con el auge en el desarrollo de infraestructura ferroviaria, según (Campos, M. et al., 2009), se genera la necesidad de realizar actividades de mantenimiento de vía y su normalización, posibilitando la optimización de recursos en los procesos de explotación, que contemplen las singularidades y particularidades de la red de transporte, generando acciones de mejora continua en los procesos de: inspección visual de vía, auscultaciones, mantenimientos preventivo y correctivo, de gran importancia en la planificación, desarrollo y evaluación de proyectos.

Enfocando el desarrollo de este trabajo fin de máster, en el estudio de procesos de optimización de las actividades de mantenimiento, específicamente en las técnicas de auscultaciones de infraestructura ferroviaria, y su aplicabilidad en la cuantificación del confort de los pasajeros en el vehículo, al implementar equipos cinemáticos: la Maleta CONFEMED (Oberon Sistemas), el Acelerómetro Xsens MTi 10-series, para luego obtener su correlación con los datos de velocidad generados de la Caja Negra, para la respectiva georreferenciación, y el perfeccionamiento de los resultados obtenidos en el proceso de auscultación dinámica, en pro de la disminución de costos de mantenimiento, planeación de recursos, programación de intervenciones y distribución eficaz del tiempo de la Banda de Mantenimiento. También posibilita la identificación de la forma de conducción adecuada de los maquinistas, brindado al operador y al usuario la seguridad en cada tramo del trayecto y la confiabilidad de cumplimiento de los itinerarios propuestos.

La utilización de la información obtenida por los elementos descritos anteriormente, orientada al campo de la formación de futuros maquinistas, e incluso para maquinistas experimentados, así como para el desarrollo de simuladores de conducción, es un tema tan complejo, que sería motivo de otro TFM, incluso de una tesis doctoral.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la ampliación de la red del tren de alta velocidad en España, ha generado crecientes intereses políticos en la planificación y orientación en los campos de desarrollo urbanísticos, territoriales, económicos, sociales y académicos (Bellet, C. et al., 2010), sometiendo al área ingenieril a esfuerzos máximos de planificación, diseño y gestión de adelantos tecnológicos, que faciliten el análisis de materiales, geometría de vía, velocidades, cargas, aceleraciones, entre otras variables, para la realización de actividades de reconocimiento, reparación y mantenimiento de infraestructura, que posibiliten la prestación de servicios continuos y el cumplimiento de la legislación vigente, (Acevedo et al., 2018), a su vez la exigencia al operador ferroviario por responder a las necesidades del mercado actual, viabiliza la normalización de un sistema integral de procesos en pro de la optimización de recursos y tiempos, garantizando seguridad, confort y calidad en la prestación del servicio, (Godde, R., 2012).

A continuación, se describirán dos elementos base que soportan la importancia del desarrollo de este trabajo fin de máster “ESTUDIO Y COMPARATIVA DE LA RESPUESTA DINÁMICA DE TRENES METROPOLITANOS MEDIANTE DIFERENTES DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN EN LA RED DE METROVALENCIA”:

- Planes, programas y políticas de desarrollo de infraestructura ferroviaria y transporte masivo para España.
- Importancia del proceso de auscultación dinámica en el mantenimiento ferroviario y mejora de confort en vehículo.

### **2.1 Planes, programas y políticas de desarrollo de infraestructura ferroviaria y transporte masivo para España**

En este sentido los proyectos de gobernanza establecidos por la Unión Europea unifican la gestión del marco de referencia regulatorio en el sector ferroviario, partiendo de la documentación técnica publicada por el Comité Europeo de Normalización CEN (Vías férreas s. f.), que impactan directamente en la definición de las leyes establecidas por el gobierno español y el desarrollo de la normatividad técnica a cargo de la asociación AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) entidad dedicada a la normalización y la certificación (N+C) en todos los sectores industriales y de servicios del país.

Como elemento importante de apoyo al desarrollo de este trabajo fin de máster, se destaca los fines y propósitos de la ley de transposición “cuarto paquete ferroviario” que permite dotar de mayor claridad, simplicidad al ordenamiento jurídico, agrupando directivas, reglamentos y modificaciones a leyes vigentes (Ley 38/2015, de 29 de septiembre), permitiendo:

- Desarrollar disposiciones presupuestales en iniciativas de transporte.

- Igualdad de condiciones de movilidad.
- Competitividad y libertad para la prestación de servicios.
- Asignación y apertura de espacio ferroviario.
- Acciones de mejora en la regulación técnica (Real Decreto 929/2020 de 27 de octubre, Orden FOM/233/2006 de 31 de enero, Orden TMA/576/2020, de 22 de junio, Orden FOM/233/2006 de 31 de enero, Resolución Circular 3/2017 de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria, entre otras), tecnológica y administrativas del sistema.

Estas regulaciones potencian la calidad de los servicios y alcanzan niveles más altos de seguridad, interoperabilidad, fiabilidad y confort de la red ferroviaria europea, mostrando la necesidad de desarrollar estudios de nivel técnico (analítica de datos en procesos de auscultación ferroviaria y la obtención de confort en vehículo) para el cumplimiento de dichas metas y propósitos.

## **2.2 Importancia del proceso de auscultación dinámica en el mantenimiento ferroviario y mejora de confort en vehículo.**

Como elementos de competitividad con otros medios de transporte, se establecen parámetros de normalización, que posibiliten la mejora continua y desarrollo técnico y tecnológico de la infraestructura ferroviaria, para esto la organización ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) publica la Normativa Técnica donde detalla las actividades a realizar en las fases de inspección de vía férrea y su periodicidad, que varía en relación con las características geométricas y del tipo de explotación del sistema (RENFE. Dirección de Mantenimiento de Infraestructura. 2004), es importante destacar que no existe un procedimiento detallado de cuantificación del confort del pasajero sentido en cabina, solo se relaciona la norma (RENFE, U.N Mantenimiento de Infraestructura, 2003) que especifica las velocidades máximas que pueden desarrollar los vehículos en curvas, donde el confort es el criterio más restrictivo para determinar la velocidad de circulación, dejando a las empresas con la autonomía para el desarrollo de procedimientos no regulados para la caracterización de dicho fin.

Dadas las características de la explotación ferroviaria en FGV, la ampliación de horarios y la extensa red de líneas de metro de Valencia, aspectos que dificultan la capacidad de reconocimiento del estado de la infraestructura y tiempos de ejecución de las fases del mantenimiento (preventivo, correctivo y acciones de mejora), se plantea como objetivo de trabajo fin de máster, la optimización en el proceso de auscultación dinámica de vía, que posibilite identificar opciones rápidas, eficaces y de fácil implementación en el mantenimiento y cuantificación del confort del pasajero medido en cabina, de acuerdo con la norma técnica UNE-EN12299 “Aplicaciones ferroviarias Comodidad del viaje para los pasajeros Medición y evaluación” publicada por AENOR. (Comité técnico AEN/CTN 25, Aplicaciones ferroviarias 2009”.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Identificar posibles optimizaciones en el proceso de auscultación dinámica de vía que realiza la empresa Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV) en la Unidad de Líneas Metro, y su funcionalidad en la cuantificación del confort de los pasajeros en el vehículo.

#### **3.2 Objetivos específicos**

1. Emplear equipos de medición cinemáticos; Maleta CONFEMED (Oberon Sistemas) y el Acelerómetro Xsens MTi 10-series, en el proceso de auscultación dinámica para la Línea 2 de MetroValencia.
2. Generar base de datos de las aceleraciones obtenidas en tres ejes, por los equipos Maleta CONFEMED (Oberon Sistemas), el Acelerómetro Xsens MTi 10-series, y la velocidad registrada por la Caja Negra de la unidad, en el tramo de ensayo seleccionado.
3. Analizar los datos registrados durante las auscultaciones dinámicas, para la cuantificación del confort de los usuarios en cabina, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la norma europea UNE-EN 12299:2010.

## 4. AMBITO DE ESTUDIO

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de las líneas de metro de Valencia, gracias a la colaboración de la empresa Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana, que permitió realizar las pruebas en sus instalaciones.

Valencia cuenta con seis (6) líneas de metro y tres (3) de Tranvía. Todas las líneas de metro están electrificadas con catenaria aérea con una tensión de 1500Vcc. y diseñadas con Ancho Métrico (1 m) medido entre las caras internas de los carriles. Tienen una longitud de vía comercial de 189.2 km (incluye los trayectos compartidos entre líneas) y longitud de infraestructura viaria de 138.1 km. (Datos de la red de Metrovalencia s. f.)

### 4.1 Longitud de las líneas

En la Tabla 1 se detalla las longitudes de cada línea, clasificándolas respecto a las características del trayecto; ya sea exclusivo o compartido, también se especifica si es en subterráneo o superficie, o como características se califica si la vía es única o doble.

KILÓMETROS DE VÍA							
ESTACIONES	Línea 1	Línea 2	Línea 7	Línea 5	Línea 3	Línea 9	TOTAL
Km EXCLUSIVOS / LÍNEA	58.8	24.5	1.9	0.0	10.4	9.9	
Km COMPARTIDOS / LÍNEA	13.4	15.6	13.9	13.2	14.2	13.4	
Km SUBTERRÁNEOS / LÍNEA	6.4	8.3	7.2	13.2	14.2	13.4	
Km EN SUPERFICIE / LÍNEA	65.8	31.9	8.6	0.0	10.4	9.9	
Km EN VÍA ÚNICA / LÍNEA	51.7	18.1	0.0	0.0	10.4	8.2	
Km EN VÍA DOBLE / LÍNEA	20.5	22.0	15.8	13.2	14.2	15.0	
<b>KILÓMETROS / LÍNEA COMERCIAL</b>	<b>72.2</b>	<b>40.2</b>	<b>15.8</b>	<b>13.2</b>	<b>24.6</b>	<b>23.3</b>	<b>189.2</b>

Tabla 1. Longitud (km) de las Líneas acorde a su trazado

### 4.2 Material móvil

El material móvil empleado en las líneas de metro es de 62 Unidades Tren (UT) de la series 4300; de las cuales 42 UT (Gráfica 1) tienen una composición de 4 coches y distribución M1-R1-R2-M2, donde M y R dan referencia a si es coche de motor y remolque, respectivamente; las otras 20 UT (Gráfica 2) tienen composición de 5 coches y distribución M1-R1-M3-R2-M2.



Gráfica 1. UT de 4 coches: motor, remolque, remolque, motor.



Gràfica 2. Vehículos de 5 coches: motor, remolque, remolque motor, remolque, motor.

### 4.3 Denominación de los recorridos

Las líneas del metro recorren el área metropolitana de Valencia y zona de influencia en los siguientes sentidos:

- Sentido sur-norte y oeste-este, trayecto que se le denomina a nivel ferroviario “Sentido Ascendente”
- Y en el recorrido norte-sur y este-oeste “Sentido Descendente”.

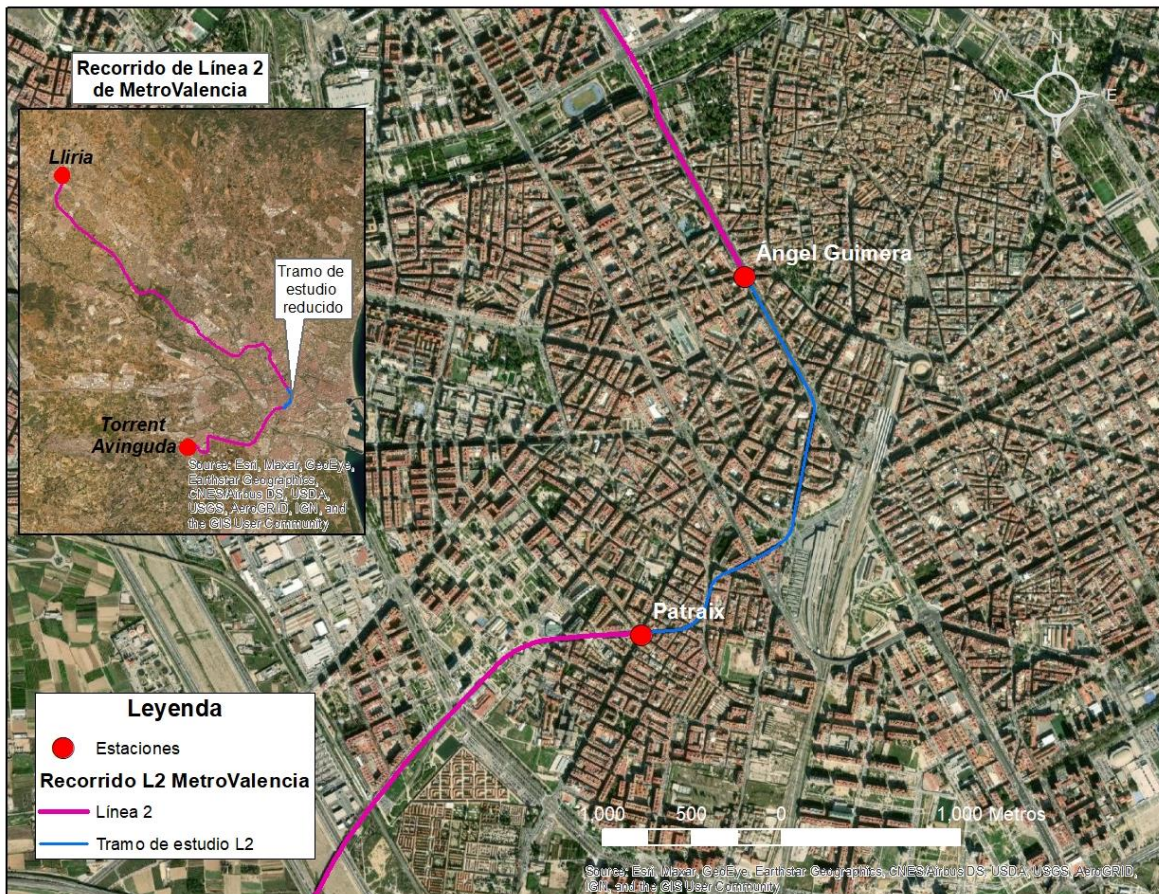
Los recorridos que se realizan en cada una de las líneas se muestran en la siguiente Tabla 2:

RECORRIDOS DE LAS LÍNEAS EN SENTIDO ASCENDENTE Y DESCENDENTE			
Línea	Estación de Inicio	Estación Término	Sentido
Línea 1	Villanueva de Castellón	Bétera	Ascendente
	Bétera	Villanueva de Castellón	Descendente
Línea 2	TorrentAVINGUDA	Lliria	Ascendente
	Lliria	TorrentAVINGUDA	Descendente
Línea 3	Aeroport	Rafelbunyol	Ascendente
	Rafelbunyol	Aeroport	Descendente
Línea 5	Aeroport	Marítim-Serrería	Ascendente
	Marítim-Serrería	Aeroport	Descendente
Línea 7	TorrentAVINGUDA	Marítim-Serrería	Ascendente
	Marítim-Serrería	TorrentAVINGUDA	Descendente
Línea 9	Riba-Roja De Túria	Alboraya-Peris Aragó	Ascendente
	Alboraya-Peris Aragó	Riba-Roja De Túria	Descendente

Tabla 2. Recorridos de las Líneas

### 4.4 Tramo de estudio

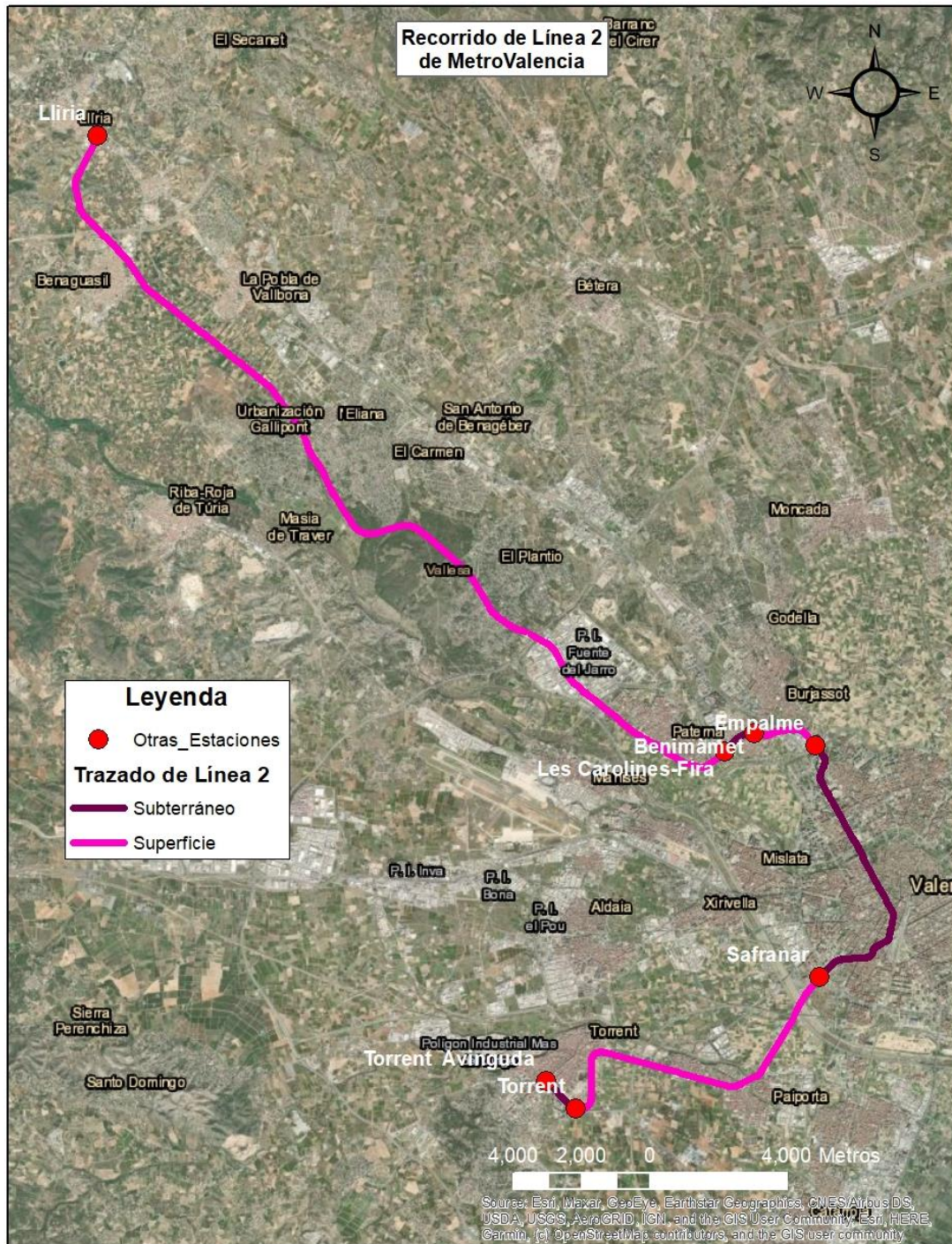
Se seleccionó la Línea 2, entre las estaciones TorrentAVINGUDA – Lliria (Gràfica 3) para realizar las pruebas de este trabajo ya que esta línea abarca las principales características que tiene la red de metro de Valencia, como trayectos compartidos con las líneas 1 y 7, vía en subterráneo y superficie, además de tramos en vía doble y sencilla. También en su recorrido se emplean los dos sistemas de protección que tiene MetroValencia en la Unidad de Líneas Metro los cuales son ATP y FAP.



Gràfica 3. Recorrido de la Línea 2 (Torrent Avinguda-Llíria).

La Línea 2 cuenta con 6.4 km en subterráneo y 64.8 km en superficie, en la Gràfica 4 se detalla el trazado de la línea.





Gráfica 4. Trazado de Línea 2

#### 4.5 Sistemas de conducción en FGV – MetroValencia

La UITP (International Association of Public Transport) ha clasificado los grados de automatización en sistemas de transporte urbano (ver Tabla 3) acorde al tipo de

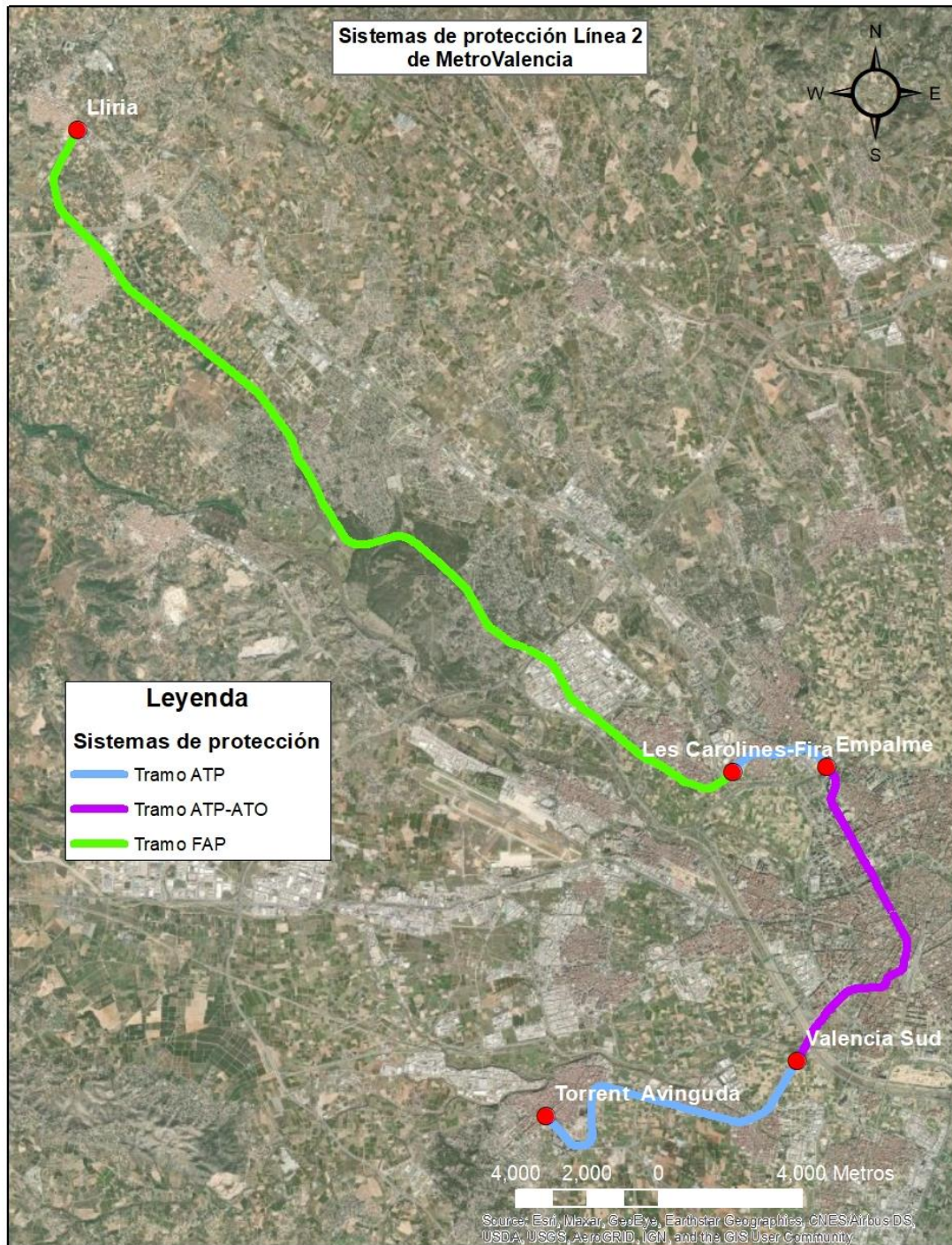
intervención que tenga el maquinista en la conducción, estos se reglamentaron en la norma IEC 62290-1 para su respectiva aplicación.

Grado de Automatización	Tipo de Operación Ferroviaria	Movimiento del Tren	Detención del Tren	Operación de las puertas	Operación en caso de interrupción
GoA 0	Con maquinista	Maquinista	Maquinista	Maquinista	Maquinista
GoA 1	FAP o ATP con maquinista	Maquinista	Automático	Maquinista	Maquinista
GoA 2	ATP-ATO con maquinista	Automático	Automático	Asistente a bordo	Asistente a bordo
GoA 3	Sin maquinista	Automático	Automático	Automático	Automático
GoA 4	UTO	Automático	Automático	Automático	Automático

Tabla 3. Grados de Automatización (©UITP)

En MetroValencia se emplean tres sistemas de protección a la conducción dependiendo de las características físicas de las vías y de la constante renovación de los sistemas en cada una de sus líneas, para los tramos subterráneos se emplea el sistema ATP-ATO, mientras que para los tramos en superficie se emplean los sistemas ATP y FAP. Clasificando así el grado de automatización en sus líneas varía entre GoA 1 y GoA 2.

Como se observa en la Gráfica 5, en MetroValencia hay diferentes sistemas de protección, por lo que la forma de conducción varía acorde al tramo.



Gráfica 5. Sistemas de Protección Línea 2. Fuente: (FGV, s. f.)

## 5. ESTADO DEL ARTE

### 5.1 Comodidad de viaje para los pasajeros – medición y evaluación

#### 5.1.1 Equipos de medición inerciales y Caja Negra

Los acelerómetros son equipos de medición de aceleraciones asociadas al fenómeno que produce una masa de prueba en el eje de referencia del instrumento. Existen diferentes tipos de acelerómetros, entre los más empleados se encuentra el Acelerómetro Mecánico, el cual mide la aceleración de forma mecánica por medio de una masa a un dinamómetro; también está el Acelerómetro Piezoeléctrico que transforma las lecturas de cargas eléctricas en lecturas de aceleración. (Ing. Pernia-Márquez 2004)

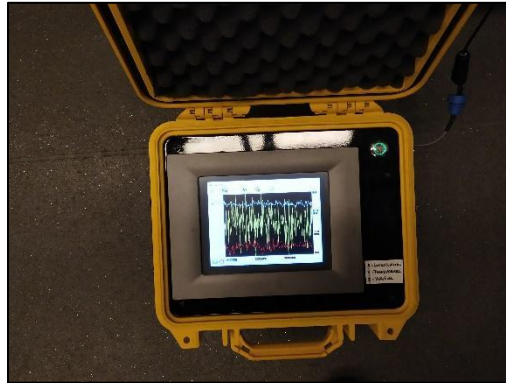
El Acelerómetro Triaxial, producto del desarrollo tecnológico de los acelerómetros antes mencionados, consta de un chip de silicio que mide las aceleraciones por transferencia de calor, retirando las masas de prueba de modelos anteriores. El chip incluye también el sistema de medición de las aceleraciones por medio de la tecnología MEMS (Sistemas microelectromecánicos) y el procesamiento de las señales. que realizan las lecturas por traspaso térmico, dejando atrás los acelerómetros con funcionamiento mecánico. (Plaza, Esteve i Tintó, y Lora-Tamayo D'Ocón 2000).

El equipo de registro de señales o Caja Negra CESIS desarrollado por la empresa SEPSA, está ubicado en las cabinas de cabeza y cola de las unidades, este registra cronológicamente las señales analógicas (velocidad y aceleración) y digitales (uso de manipulador de freno o tracción, activación del modo de conducción ATP o ATO, etc.). Este tipo de equipos se emplea generalmente para contrastar los registros en caso de accidentes o incidentes en vía. La información se extrae mediante un conector Ethernet en cada cabina y empleando un software de lectura UCESVL. Para el tratamiento de datos se emplea el software ANA3ACS. (Event Recorder s. f.).

A continuación, se relaciona las características de los equipos empleados en el desarrollo del proyecto “Maleta Confemed y Acelerómetro Xsens MTi 10-series”:

##### 5.1.1.1 Maleta Confemed

Equipo de medición cinemático CONFEMED (Oberon Sistemas) (ver Gráfica 6) que realiza la medición de las aceleraciones en tres ejes (longitudinal, transversal y vertical) propiedad de FGV y emplea el software Gesconfe v.2.7.1. para el procesamiento de la información.



Gráfica 6. Maleta Confemed

#### 5.1.1.2 Acelerómetro Xsens MTi 10-series

Dispositivo XSENS (ver Gráfica 7) que registra aceleraciones en tres ejes (longitudinal, transversal y vertical), cuenta con Giroscopio, Magnetómetro y software de libre descarga Xsens MT Manager 2019.2



Gráfica 7. Acelerómetro Xsens MTi-30-2A8G4

#### 5.1.1.3 Caja Negra

La caja negra (ver Gráfica 8) de las unidades 4300 permite la lectura de Variables Analógicas como la velocidad y la aceleración y Variables Digitales como la activación de los modos de conducción ATP y ATO. Para la lectura y análisis de los datos obtenidos se emplea el programa de lectura SEPSA, Sistemas Electrónicos de Potencia S.A. (SW de Análisis de Archivos Cronológicos de Señales ANA3ACS, para Sistemas de Control e Información) 2005. Este equipo en adelante se identificará como Caja Negra.



Gràfica 8. Caja Negra unidades 4300 MetroValencia

### 5.1.2 Norma UNE-EN 12299

Este estudio se enfoca en los resultados obtenidos de las Auscultaciones Dinámicas que además de brindar información sobre irregularidades en la vía, se emplean para cuantificar el confort de los viajeros en el vehículo afectado por vibraciones y movimientos (medición indirecta del confort).

La norma UNE-EN 12299 detalla los procedimientos para la medición del del confort (ver Tabla 4) por medio de la medición de las aceleraciones, además de la interpretación y procesamiento de resultados.

PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN DE COMODIDAD			
Procedimiento	Método	Descripción	Evaluación
Comodidad Media ( $N_{MV}$ )	Método Normal	Medición de la comodidad en intervalo largo de tiempo (5 min) (suelo).	Comodidad de los viajeros y Evaluación de los vehículos
	Método Completo	Medición de comodidad en 2 en dos interfaces (suelo y asiento).	Comodidad de los viajeros
Comodidad Continua ( $C_{CX}$ , $C_{CY}$ y $C_{CZ}$ )	-	Conjunto de aceleraciones medidas en intervalo de tiempo corto (5 seg), analizado mediante un rms (valor cuadrático medio), medida en suelo.	Comodidad de los viajeros y Evaluación de los vehículos
Comodidad en Curvas de Transición ( $P_{CT}$ )	-	Medición de comodidad en curvas de transición.	Comodidad de los viajeros y Evaluación de los vehículos

Comodidad en Eventos Discretos ( $P_{DE}$ )	-	Medición de comodidad en un evento transitorio.	Comodidad de los viajeros
---	---	--	------------------------------

Tabla 4. Procedimientos de Medición de Comodidad. Fuente: UNE-EN 12299

De los diferentes procedimientos indicados anteriormente, en este trabajo solo se realizan las mediciones y análisis de la Comodidad Continua y la Comodidad Media por el Método Normal.

#### 5.1.2.1 Metodología de toma de datos de la norma

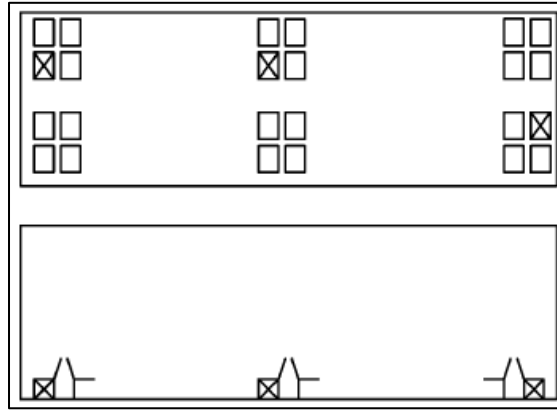
Los procedimientos para la toma de mediciones de aceleraciones están normatizados en el documento de referencia de este trabajo UNE-EN 122995 y el cual se describe a continuación:

##### 5.1.2.1.1 Condiciones del ensayo

- *Selección del tramo de estudio:* Debe ser representativo de la explotación de ferroviaria, que incluya en su gran mayoría las características físicas como la geometría y calidad de vía y de explotación como la forma de conducción acorde a los sistemas de protección.
- *La duración de las mediciones:* Deben ser mínimo de 5 minutos y que sean múltiplos de este tiempo.
- *Georreferenciación del vehículo:* Se recomienda verificar la posición del vehículo durante el trayecto.
- *Velocidad del ensayo:* Realizar el trayecto a la velocidad de operación en servicio.
  - *Comodidad Media:* Velocidad constante en el trayecto de 5 minutos.
- *Condición del Vehículo:* El índice de comodidad se ve afectado por factores físicos del vehículo (masa, centro de gravedad, inercia, entre otros.) y por la ubicación de los sensores en el vehículo dependiendo de la composición del tren. Por esta razón de debe realizar las mediciones en un tren con las mismas características de los que operan en un servicio regular.

##### 5.1.2.1.2 Parámetros a medir

- *Localización de los puntos de medición:* La medición de las aceleraciones se ven afectadas de forma considerable por la ubicación de los sensores, por lo que el método de medición debe ser en el centro de la caja y en los extremos como se muestra en la Gráfica 9. Los acelerómetros se deben fijar al suelo lo más cerca al centro de la base de los asientos.



Gráfica 9. Ubicación de sensores en el vehículo.

### 5.1.2.2 Tratamiento de señales de los equipos

Los procedimientos para la evaluación del confort que se estudian en este trabajo son la Comodidad Continua y la Comodidad Media

#### 5.1.2.2.1 Comodidad Continua

Es una media cuadrática (rms) de las aceleraciones ponderadas en frecuencia, medidas también para evaluar la Comodidad Media; y se calcula con la siguiente expresión para cada eje:

$$a_{X_j}^{W_i}(t) = \left[ \frac{1}{T} * \int_{t-T}^t (x_{W_i}^*(\tau))^2 d\tau \right]^{0,5} \text{ (Longitudinal)}$$

$$a_{Y_j}^{W_i}(t) = \left[ \frac{1}{T} * \int_{t-T}^t (y_{W_i}^*(\tau))^2 d\tau \right]^{0,5} \text{ (Transversal)}$$

$$a_{Z_j}^{W_i}(t) = \left[ \frac{1}{T} * \int_{t-T}^t (z_{W_i}^*(\tau))^2 d\tau \right]^{0,5} \text{ (Vertical)}$$

Ecuación 1. Valores cuadráticos medios de las aceleraciones ponderadas. Fuente: UNE-EN 12299

$T=5s$  y  $t$  es un múltiplo de  $5s$

Donde los super índices  $W_i$  y hacen referencia a la forma en que se calculan los valores de aceleración.

d: Dirección transversal/longitudinal  $W_d$

b: Dirección vertical  $W_b$

El subíndice  $j$  indica la interfaz de medición, que en el caso de este estudio es a nivel del suelo.

P: Interfaz del suelo

De la Ecuación 1 se obtiene el índice de comodidad continua en función del tiempo:



Comodidad Continua:

$$C_{C_X}(t) = a_{X_{P95}}^{W_d}(t) \text{ (Longitudinal)}$$

$$C_{C_Y}(t) = a_{Y_{P95}}^{W_d}(t) \text{ (Transversal)}$$

$$C_{C_Z}(t) = a_{Z_{P95}}^{W_b}(t) \text{ (Vertical)}$$

Ecuación 2. Cálculo de la comodidad continua

Se puede realizar una revisión preliminar de la afectación a la comodidad evaluando los índices de Comodidad Continua en las direcciones Y y Z, con los rangos mostrados en la Tabla 5.

$C_{C_Y}(t), C_{C_Z} < 0,20 \text{ m/s}^2$	Muy cómodo
$0,20 \text{ m/s}^2 < C_{C_Y}(t), C_{C_Z} < 0,30 \text{ m/s}^2$	Cómodo
$0,30 \text{ m/s}^2 < C_{C_Y}(t), C_{C_Z} < 0,40 \text{ m/s}^2$	Medio
$0,40 \text{ m/s}^2 \leq C_{C_Y}(t), C_{C_Z}$	Menos incómodo

Tabla 5. Escala preliminar índices de Comodidad Continua

#### 5.1.2.2.2 Comodidad Media

Se debe obtener el percentil de orden 95 de la Ecuación 1 para intervalos de 5s calculados en un intervalo de 5 minutos el cual se emplea en el cálculo del Índice de la Comodidad Media:

$$N_{MV} = 6 * \sqrt{(a_{X_{P95}}^{W_d})^2 + (a_{Y_{P95}}^{W_d})^2 + (a_{Z_{P95}}^{W_d})^2}$$

Ecuación 3. Método Normal de la Comodidad Media. Fuente: UNE-EN 12299

EL valor obtenido de los índices de Comodidad Media se debe clasificar dentro de la Tabla 6 para obtener el Índice de Comodidad del trayecto.

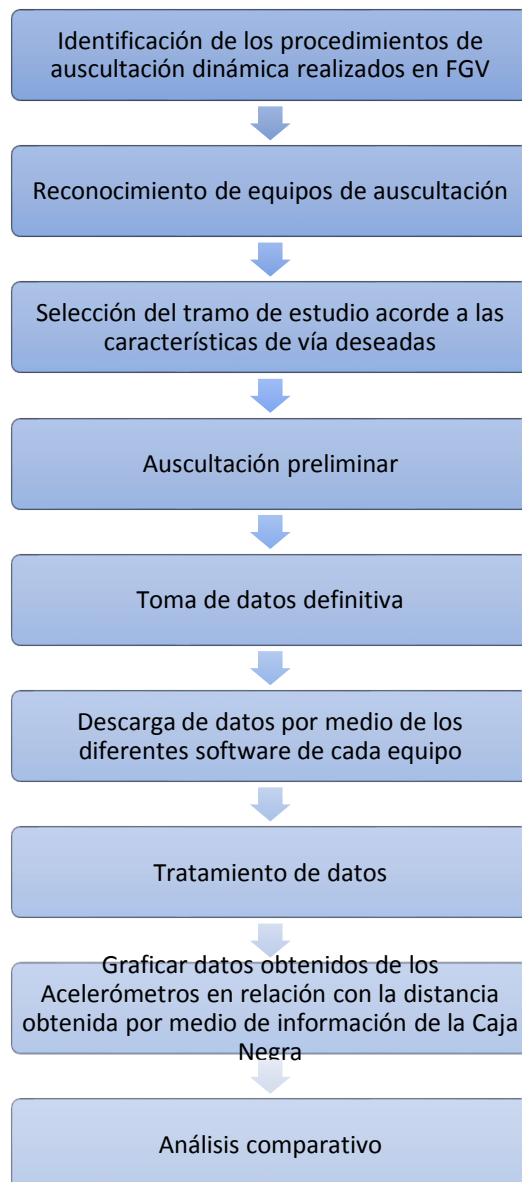
$N_{MV} < 1,5$	Muy cómodo
$1,5 \leq N_{MV} < 2,5$	Cómodo
$2,5 \leq N_{MV} < 3,5$	Medio
$3,5 \leq N_{MV} < 4,5$	Incómodo
$N_{MV} \geq 4,5$	Muy incómodo

Tabla 6. Escala de clasificación del índice de Comodidad Media,  $N_{MV}$ . Fuente: UNE-EN 12299

## 6. METODOLOGÍA

En este capítulo se indica el paso a paso de las actividades que se realizaron durante la investigación para dar cumplimiento a los objetivos propuestos que dan como resultado los datos de las mediciones de forma gráfica, el análisis de estas y su empleabilidad en la cuantificación del confort de los viajeros.

### 6.1 Flujograma



Gráfica 10. Flujograma de la metodología aplicada

### 6.1.1 Procedimientos de auscultación en FGV:

En FGV, dentro de una Banda de Mantenimiento mínima de 50 min y máxima de 3 horas, además de otras actividades, se debe realizar tres (3) auscultaciones de todo el sistema al año; dos dinámicas y una geométrica.

La auscultación dinámica se lleva a cabo en un tren material que realiza el recorrido de todas las líneas del sistema al cual se le instala el sensor CONFEMED (Oberon Sistemas), equipo que fue empleado para desarrollar este trabajo de fin de máster. Por medio de esta auscultación se verifica el estado de vía y se limita las velocidades de circulación. El confort ferroviario es evaluado de forma directa por medio de encuestas al usuario.

### 6.1.2 Identificación de equipos

Se realizó el reconocimiento de los sensores, además de los software para la respectiva descarga de la información. También se conoce el funcionamiento de la Cajas Negra y la información que esta genera, con su respectivo software de descarga.

Los datos registrados en la Caja Negra se extrajeron al finalizar la prueba, estos quedan almacenados en el equipo por un máximo de tres días. De toda la información que brinda, es útil para este estudio la velocidad registrada, la hora de registro y el modo de conducción.

Los datos obtenidos de Caja Negra no tienen una frecuencia constante, por lo que se realizó una interpolación lineal de las distancias en función de la velocidad y datos obtenidos.

### 6.1.3 Vehículo de auscultación

La Unidad Tren donde se realizaron las pruebas fue la 4318, tren regular de la Línea 2 con composición de 4 coches, los Acelerómetros se ubicaron en las cabinas de cola en mitad de los bogies y en el sentido de la marcha,

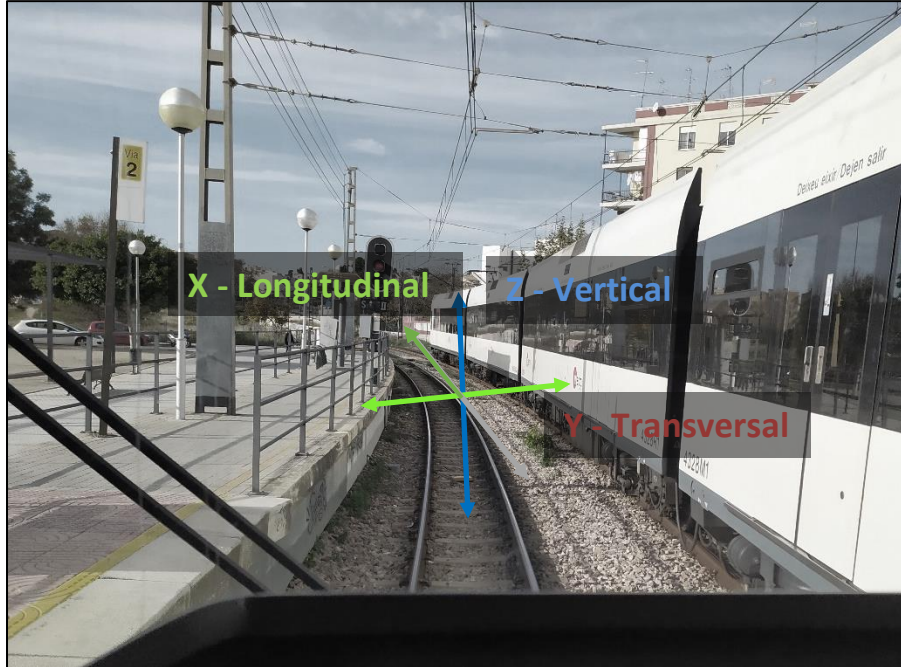
Las unidades 4300 para garantizar la seguridad y continuar con el servicio si se presentase algún fallo, cuentan con duplicidad de los equipos imprescindibles como la Caja Negra, por lo que la descarga de las lecturas de este equipo se realiza en las dos cabinas acorde al sentido de marcha de cada trayecto.

### 6.1.4 Sistema de referencia

Las aceleraciones de los dos equipos se producen en 3 direcciones; longitudinal, transversal y vertical, que en los ejes cartesianos se representa de la siguiente Gráfica 11.

- Plano de referencia: El suelo de la cabina de cola del tren donde se realizaron las pruebas.

- Eje X: Longitudinal, en sentido de la marcha.
- Eje Y: Transversal
- Eje Z: Vertical, perpendicular al suelo.

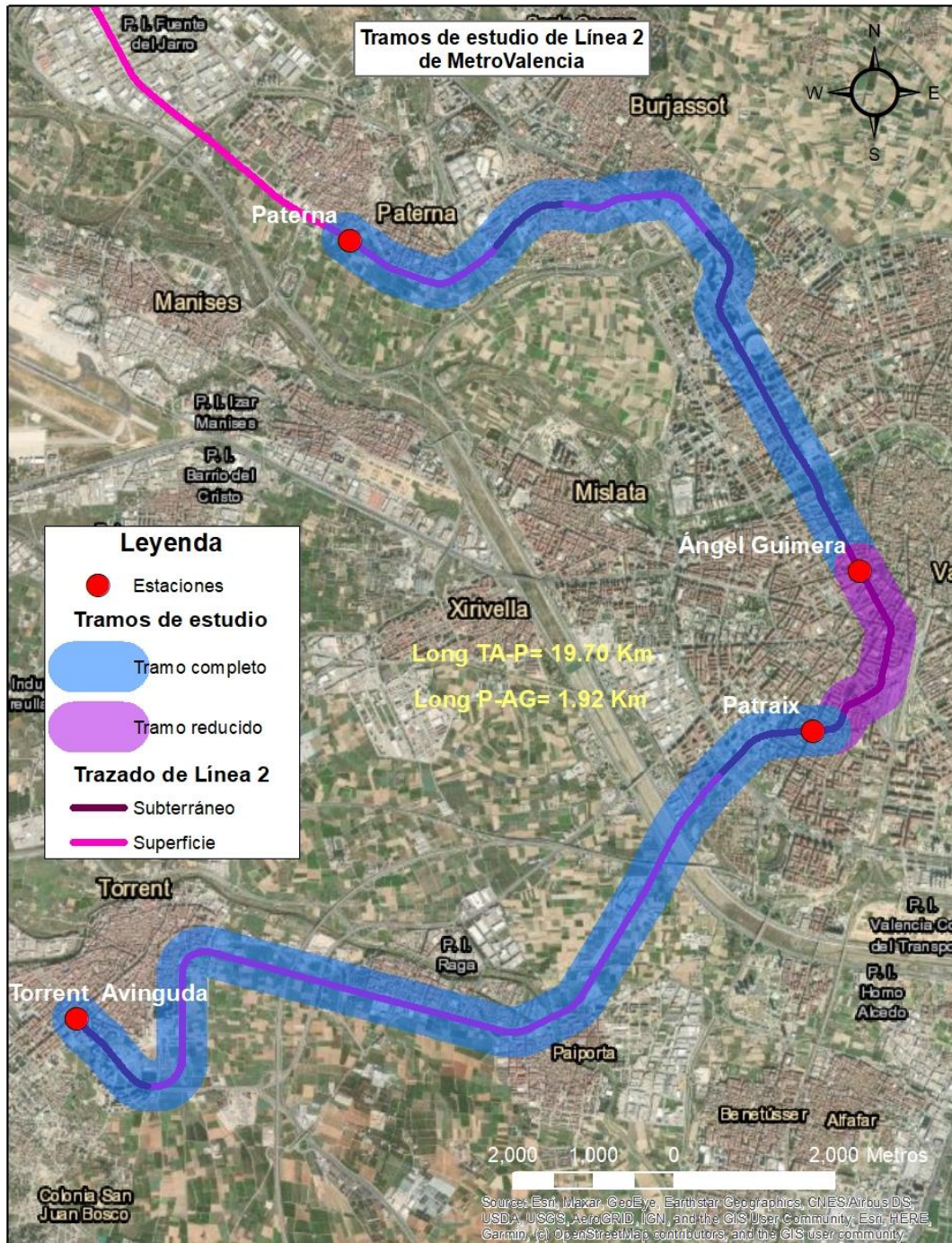


Gráfica 11. Ejes cartesianos de las aceleraciones en los equipos.

#### 6.1.5 Tramo de estudio

Se realizó la identificación de la geometría de vía de las líneas de MetroValencia y selección del tramo de estudio considerando factores como, frecuencias de paso, tramos en vía doble o vía única, entre otros., con el objetivo de seleccionar un tramo característico del sistema.

El tramo seleccionado se encuentra entre las estaciones Torrent Avinguda y Paterna correspondientes a la Línea 2 de MetroValencia.



Gráfica 12. Tramo de Pruebas (FGV, s. f.)

Por la densidad de datos obtenidos se decidió disminuir la muestra entre las estaciones Á. Guimera – Patraix (ver Gráfica 12) cuyo trayecto tiene una duración de 15 minutos.



Gràfica 13. Trazado del tramo de estudio

### 6.1.6 Preliminares de la prueba

Realización de ensayos previos para verificar la correcta lectura de los equipos a emplear y su respectiva descarga.

Coordinación con el Puesto de Circulación de los Trenes Regulares en los que se realizaron las pruebas, la identificación de los maquinistas y su trayectoria en la empresa. En trayecto seleccionado por ser en subterráneo se emplea el Sistema de Protección Automática ATP, además del modo de conducción ATO, pero para efectos de este ensayo se les solicitó a los maquinistas la realización de la conducción de modo manual.

Una vez identificada la línea en la que se realizarían las pruebas y definido el día de prueba definitivo, se realiza el reconocimiento de los maquinistas que estarán de turno en la fecha y hora de las pruebas, clasificándolos acorde a sus años de experiencia entre maquinista experto o principiante.

### 6.1.7 Condiciones del día de la toma de datos

La prueba se realizó el día 27 de diciembre de 2019, en las instalaciones de MetroValencia en la Línea 2; se realizó la medición de aceleraciones en tres ejes (X-Longitudinal, Y-Transversal y Z-Vertical) con dos equipos, Acelerómetro Xsens y Maleta. Este día no se presentaron lluvias por lo que los carriles estaban secos.

La medición inició a las 09:52 hasta las 15:00, tiempo en el que se recolectaron datos de 6 trayectos (3 de Patraix a A. Guimera y 3 de A. Guimera a Patraix), donde intervinieron 3 maquinistas. Se adjunta Formato de Toma de Datos (ver Anexo 10.1 Formato de toma de datos) donde se detalla las horas de inicio y de parada en cada una de las estaciones, además de la cabina donde se ubicó la maleta y la forma de conducción, ya sea manual o en modo ATO.

En la Tabla 7 se detalla la información de los maquinistas que realizaron los trayectos evaluados, indicando principalmente el tiempo de experiencia como maquinistas y la duración de descansos y labores.

INFORMACIÓN DE LOS MAQUINISTAS								
Nº MAQUINISTA	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO COMO MAQUINISTA	TIEMPO COMO MAQUINISTAS (AÑOS)	NÚMERO DEL SERVICIO	TREN	DIAS EN SERVICIO HASTA LA PRUEBA	HORA INICIO DE TURNO	HORA FIN DEL ÚLTIMO DESCANSO
					<b>27/12/2019 (SÁBADO AMPLIADO)</b>			
1	3055	15/06/2019	0.53	63	2033-2040	1	5:10	10:03
2	2821	06/04/2018	1.73	26	2045-2052-2057	1	5:35	11:52
3	1262	01/06/2000	19.58	22	2057-2218	0	14:03	14:03

Tabla 7. Información de los maquinistas

### 6.1.8 Frecuencia de toma de datos de los equipos

La frecuencia de toma de datos de los sensores se configuró en 400 datos por segundo (400 Hz) para una muestra total de 15 minutos, donde se obtuvo 6.000 datos por sensor.

### 6.1.9 Ubicación de equipos:

Los equipos de medición cinemáticos: CONFEMED (Oberon Sistemas) y Acelerómetro Xsens MTi 10-series, realizaron mediciones de las aceleraciones en tres ejes (longitudinal, transversal y vertical), arrojando información con fechas y horas de registro, y no se obtuvo coordenadas geodésicas de latitud y longitud debido a que no se pudo emplear GPS, por ser un tramo subterráneo.

La ubicación de los acelerómetros en todos los trayectos fue en el centro de la caja en la superficie del suelo (Gráfica 15) de la cabina de cola (Gráfica 14), fijándolos con cinta adhesiva para restringir cualquier movimiento que altere las mediciones.



Gráfica 14. Ubicación de los sensores en cabina de cola.



Gráfica 15. Instalación de sensores en el piso de la cabina.

Dentro de las limitantes de la prueba está la cantidad de sensores de medición, ya que la norma específica que se deben ubicar 3 equipos, uno en el centro y los otros dos en los extremos, y de estos datos obtener un promedio de los resultados de los tres equipos, mientras que la prueba se realizó solo con la medición en un punto.

Además, al ser un tren regular en servicio y con el objetivo de no interrumpir la circulación normal, se ubicaron los sensores en la cabina del maquinista de cola y no en el coche de pasajeros.



#### 6.1.10 Velocidad y conducción

Aunque el tramo seleccionado para la realización de las pruebas tiene un Sistema de Protección Automático ATP-ATO y su forma de conducción es automática, se le solicitó MetroValencia que los trayectos se realizaran de forma manual para poder detectar las diferencias en la conducción y su repercusión en las aceleraciones.

Como se observa en las gráficas de Velocidades de Caja Negra en el Anexo 10.2, las velocidades varían de 0 km/h en estaciones hasta los 60 km/h.

#### 6.1.11 Tratamiento de datos

Los resultados medidos en los sensores fueron las aceleraciones en los tres ejes X, Y y Z medidas en  $m/s^2$ , los cuales se descargaron por medio del software Gesconfe v.2.7.1 para la Maleta y Xsens MT Manager 2019.2 para el sensor Xsens. Los datos se convirtieron a un formato xls., y luego tratados en el software Matlab.

Inicialmente se filtraron los datos correspondientes al tramo de Estudio Reducido (Patraix – À Guimera) para todos los trayectos y maquinistas. Se verificó con la información obtenida de Caja Negra para georreferenciarlos en las estaciones mencionadas. El tramo de estudio al ser subterráneo no detecta señal GPS.

Para el cálculo de la Comodidad Continua y Comodidad Media se realizó la programación en Matlab de las fórmulas indicadas en la norma UNE-EN 12299 mencionadas previamente.

Con la Ecuación 1 se obtienen los valores cuadráticos medios en frecuencia en un intervalo de 5 s para cada dirección (X, Y y Z) obteniendo así la Comodidad Continua en los tres ejes.

A partir de los datos calculados de la Comodidad Continua, se haya el percentil 95 de las distribuciones en cada eje para intervalos de 5 minutos, datos que se emplean en el cálculo de la Comodidad Media empleando la Ecuación 3.

En el siguiente capítulo se muestra de forma gráfica los resultados obtenidos, para cada Índice de Confort evaluado.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1 Aceleraciones y Espectros

- **Gráficas de Aceleraciones**

En las siguientes gráficas se muestra una comparativa entre las lecturas de las aceleraciones ( $m/s^2$ ) de los dos sensores en dominio del tiempo. Se presentan aceleraciones por trayecto (PA-AG - AG-PA), maquinista y eje (X, Y y Z).

Se observa de forma generalizada que el sensor “Maleta” presenta mayores valores de aceleraciones dentro de los mismos intervalos en todos los ejes respecto al sensor Xsens “Acelerómetro”.

El eje Z es donde mayores magnitudes de aceleración se presentan registradas con los dos sensores, sin embargo, el sensor Maleta registra valores de más del doble de los registrados por el Inclinómetro.

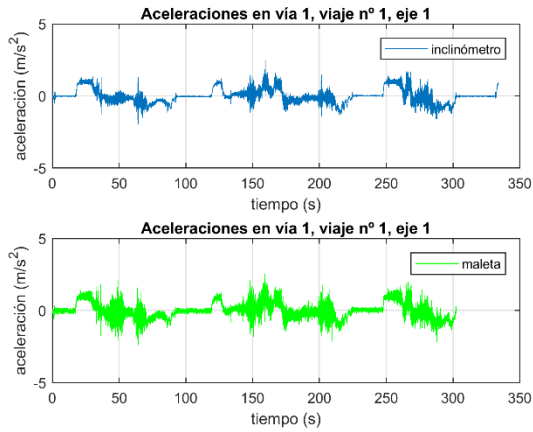
- **Gráficas de Espectros**

Para poder identificar el porqué de las diferencias entre las señales detectadas por los dos sensores, se realiza el tratamiento de las señales en dominio de la Frecuencia y no en el dominio del Tiempo.

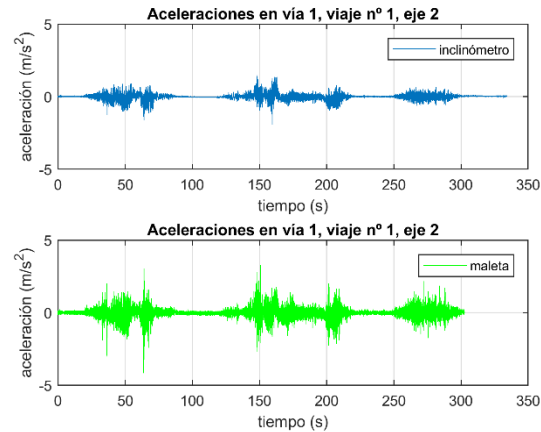
Las gráficas denominadas “Espectros de Aceleraciones” son el producto de aplicar el desarrollo de la Serie de Fourier a las aceleraciones, donde se descompone la señal en una suma de senos y cosenos, cada una con una amplitud y una frecuencia. En el eje X se ubica la señal del seno y en el eje de la Y la amplitud asociada a la frecuencia.

En la Frecuencia en el eje X se tiene una magnitud entre 0 Hz a 100 Hz, ya que los filtros de medición del índice de confort se evalúan entre esta banda “la función de transferencia global debe ser plana dentro de una tolerancia de  $\pm 0,5$  donde para la Comodidad Media el rango es de 0,4 Hz a 100 Hz (norma EN 12299- Anexo B-Título B.2.2)”, por encima de 100 Hz las amplitudes son muy pequeñas y se desprecian.

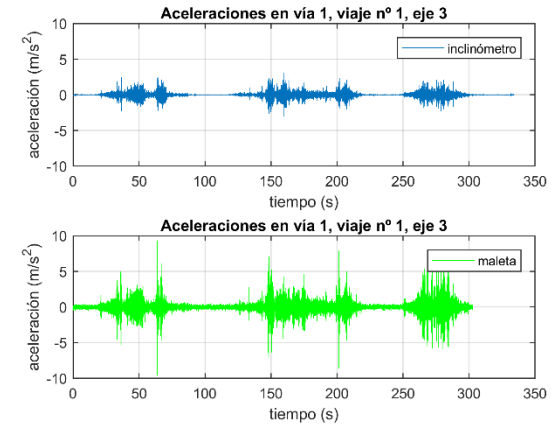
Se observa que entre la banda de 0 Hz a 40 Hz las señales de los dos sensores son similares, sin embargo, de los 40 Hz en adelante, la Maleta presenta mayor amplitud que el Inclinómetro.



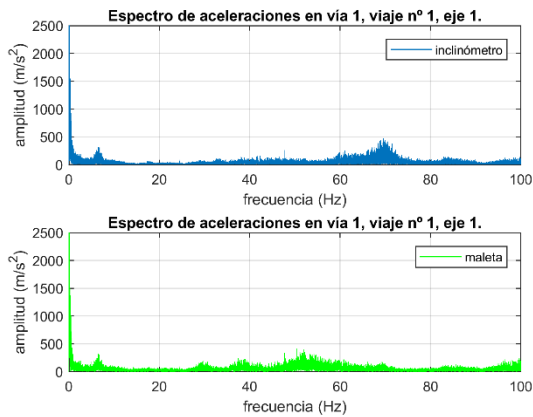
Gràfica 16. Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje X



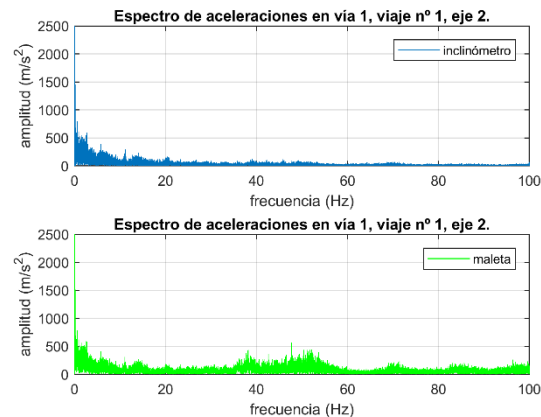
Gràfica 17. Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Y



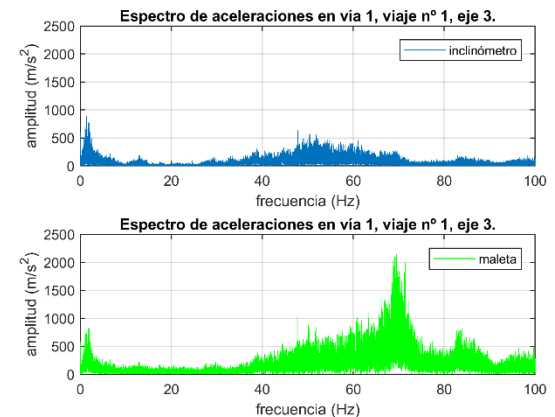
Gràfica 18. Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Z



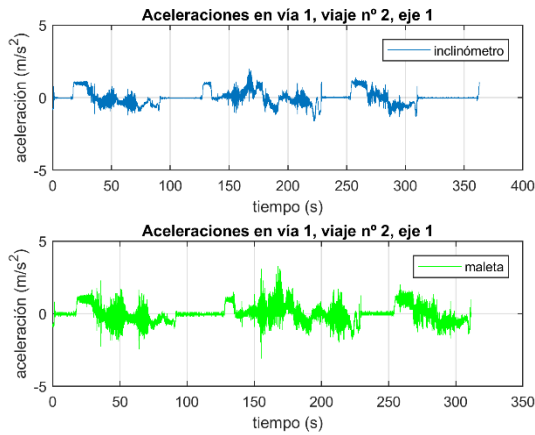
Gràfica 19. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje X



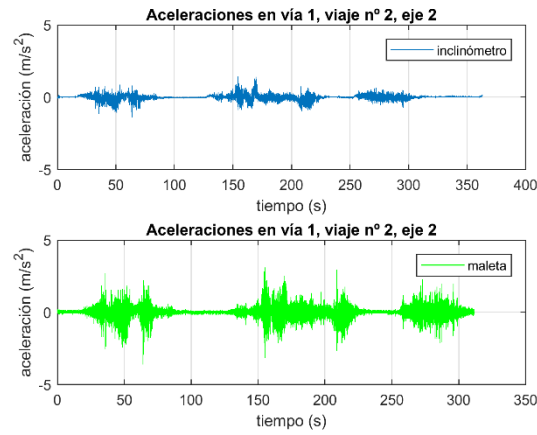
Gràfica 20. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Y



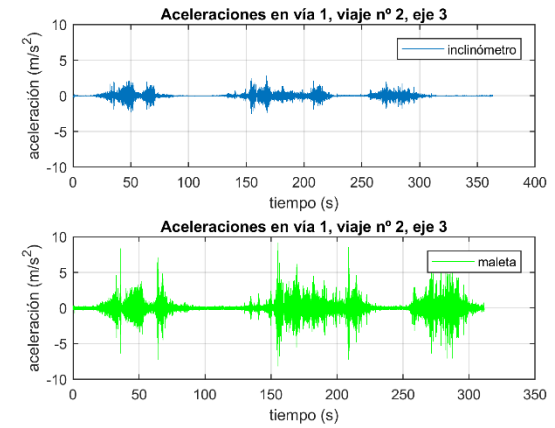
Gràfica 21. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 1, Eje Z



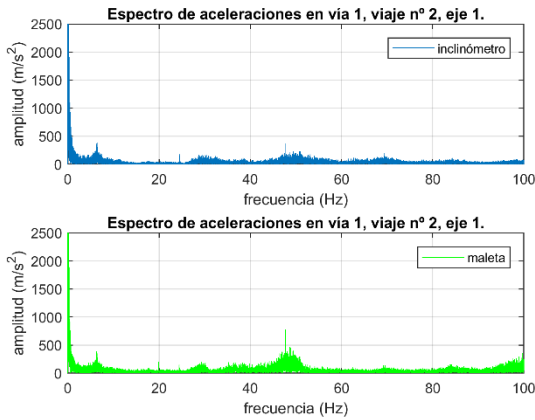
Gráfica 22. Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje X



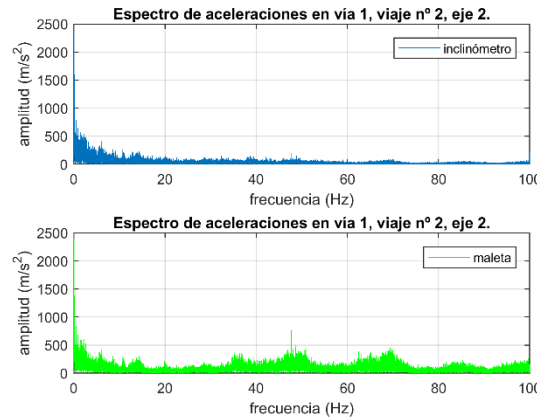
Gráfica 23. Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Y



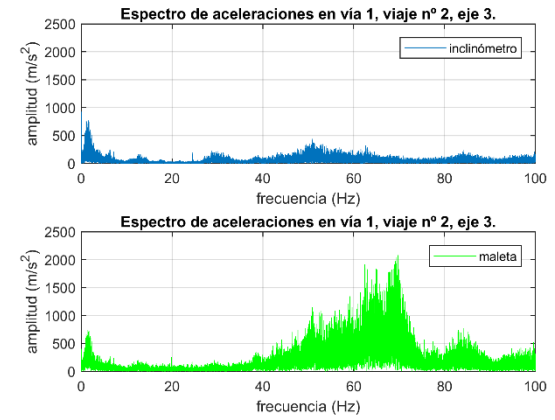
Gráfica 24. Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Z



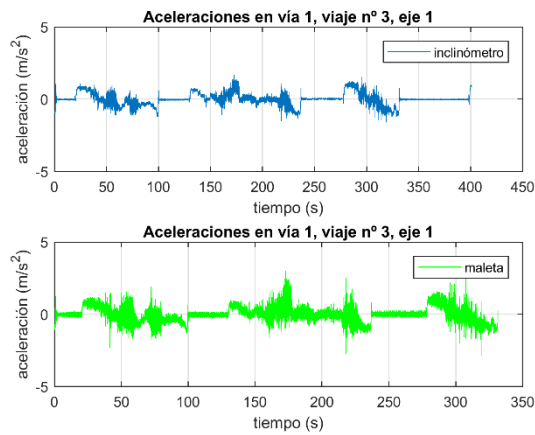
Gráfica 25. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje X



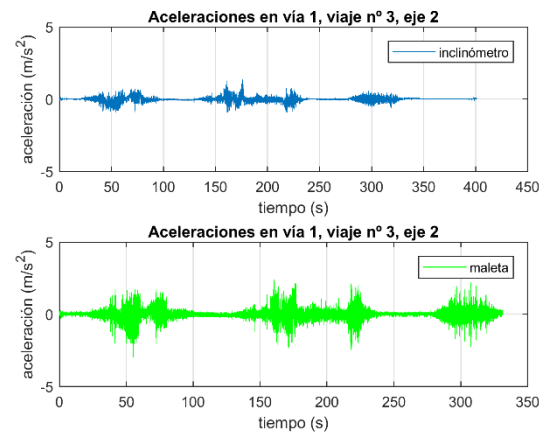
Gráfica 26. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Y



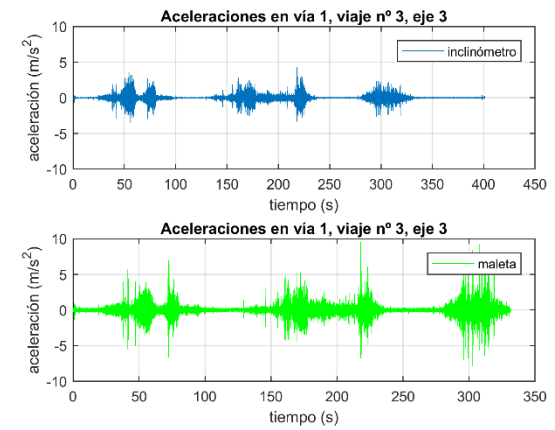
Gráfica 27. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 2, Eje Z



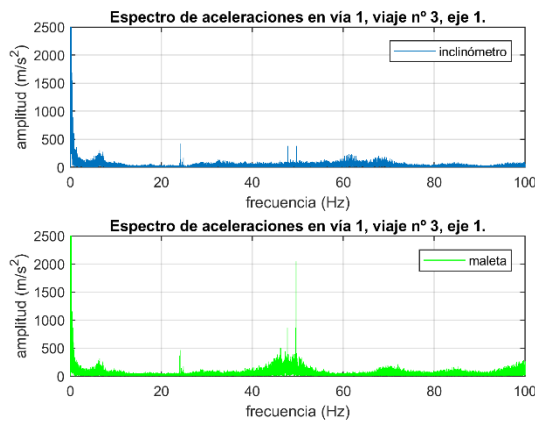
Gràfica 28. Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje X



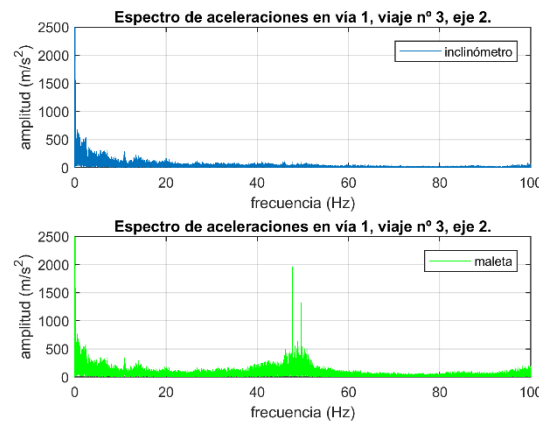
Gràfica 29. Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Y



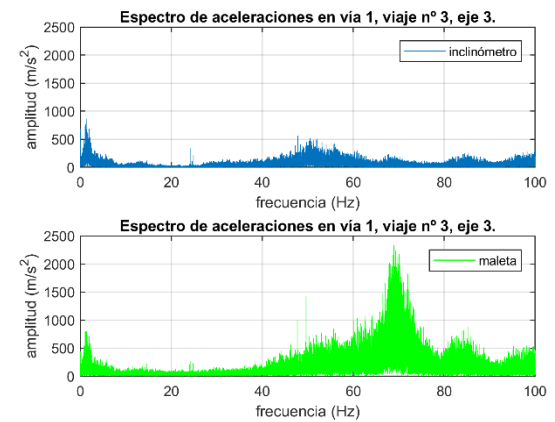
Gràfica 30. Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Z



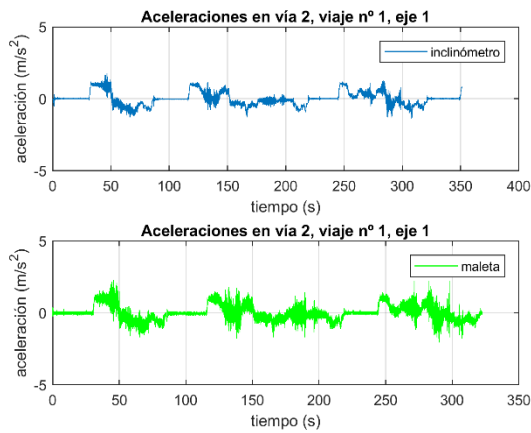
Gràfica 31. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje X



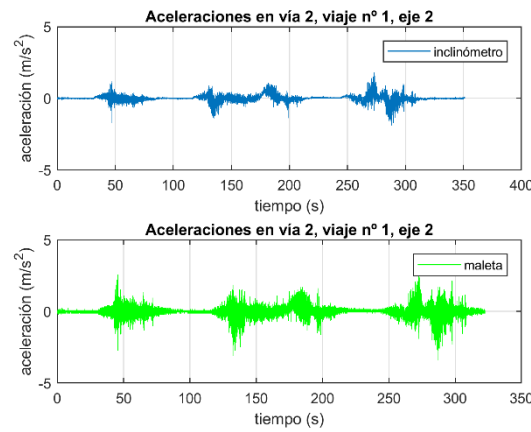
Gràfica 32. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Y



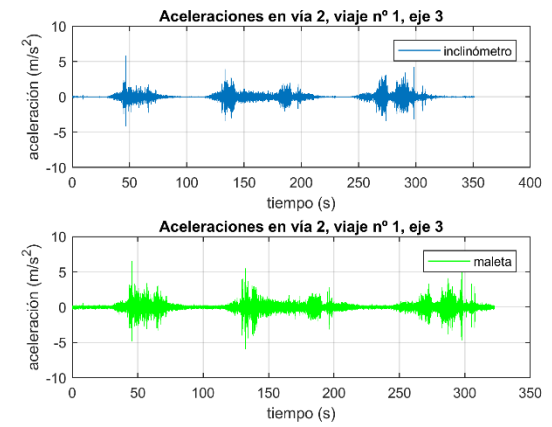
Gràfica 33. Espectro de Aceleraciones PA-AG, Maq. 3, Eje Z



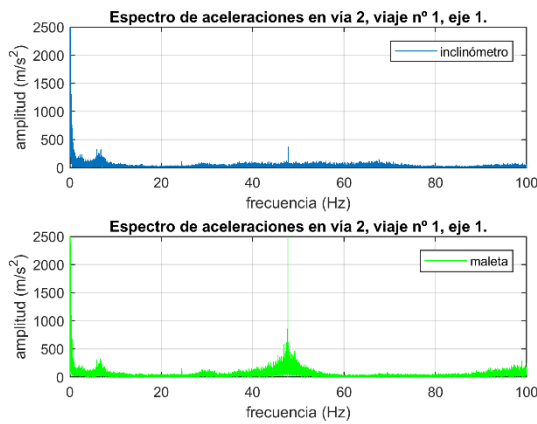
Gràfica 34. Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje X



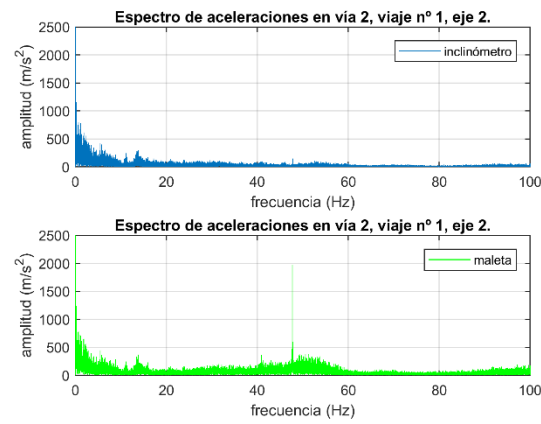
Gràfica 35. Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Y



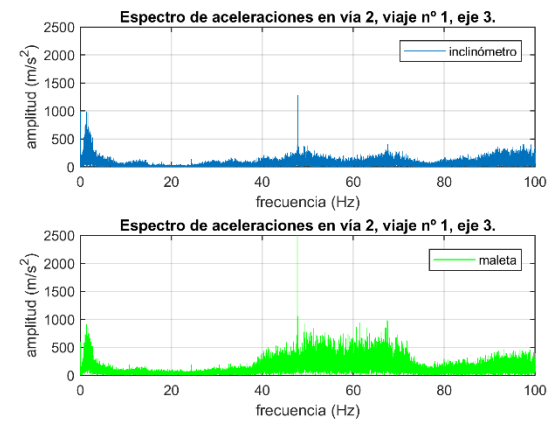
Gràfica 36. Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Z



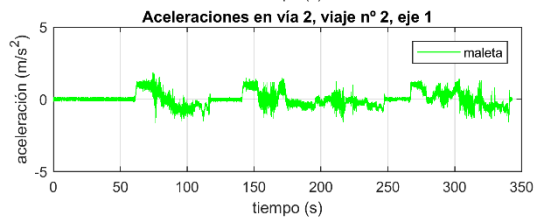
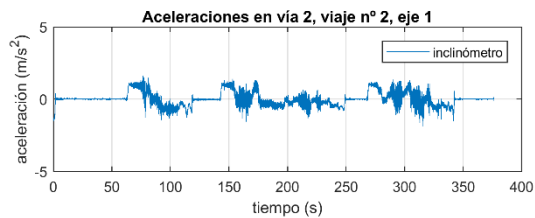
Gràfica 37. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje X



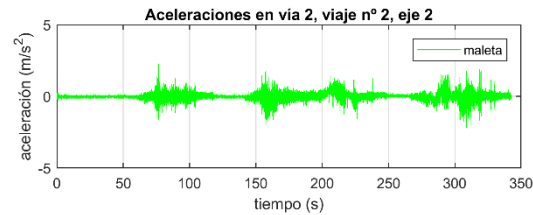
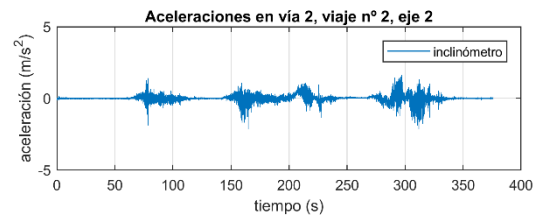
Gràfica 38. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Y



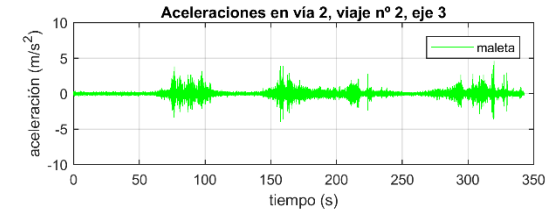
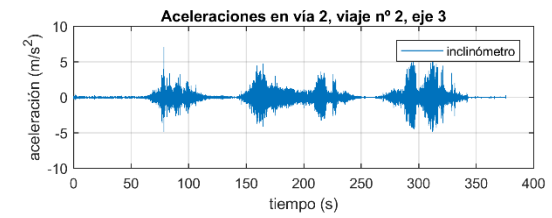
Gràfica 39. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 1, Eje Z



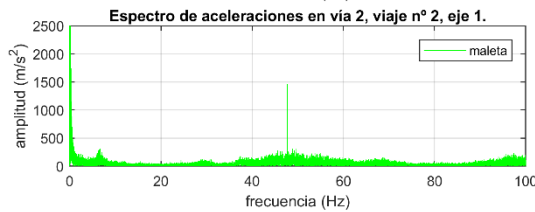
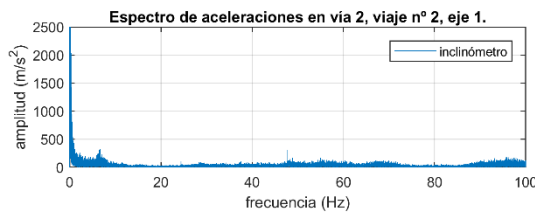
Gráfica 40. Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje X



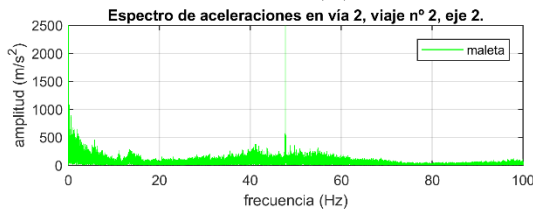
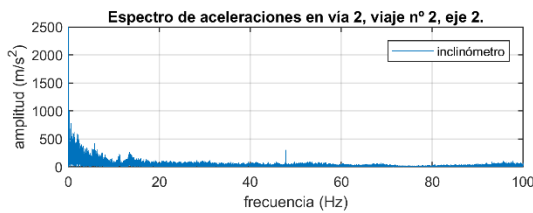
Gráfica 41. Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Y



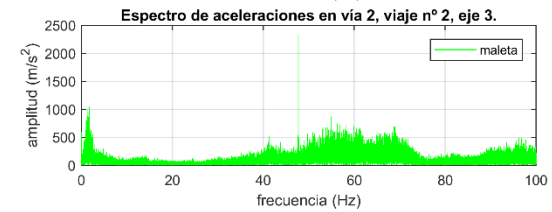
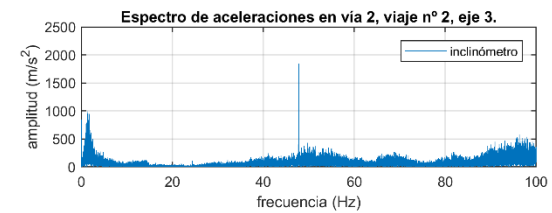
Gráfica 42. Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Z



Gráfica 43. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje X

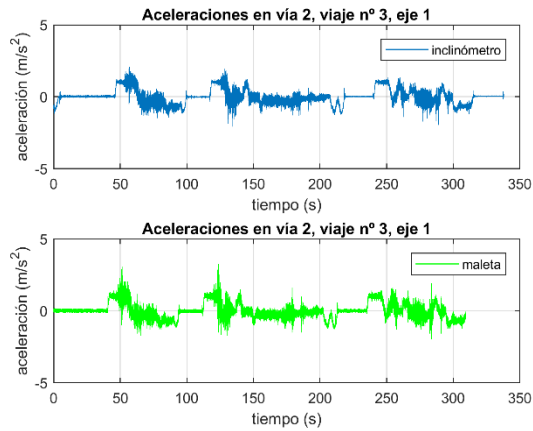


Gráfica 44. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Y

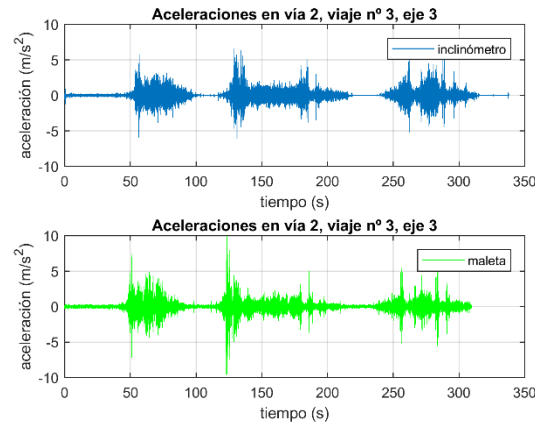


Gráfica 45. Espectro de Aceleraciones AG-PA, Maq. 2, Eje Z

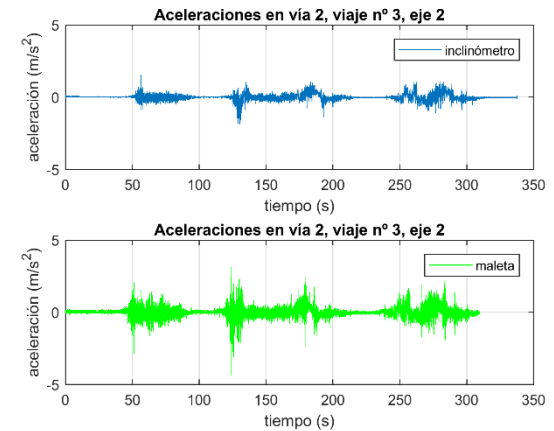
**Nota:** En la Gráfica 42 y Gráfica 45 se observa diferencia respecto a las demás gráficas, ya que el Inclinómetro registra mayores aceleraciones que la Maleta en todo el trayecto. Se considera que hubo cambios en la configuración de los sensores y filtros, modificación de la ubicación de los sensores en cabina o la presencia de elementos que afectaron la estabilidad y la sensibilidad de las lecturas.



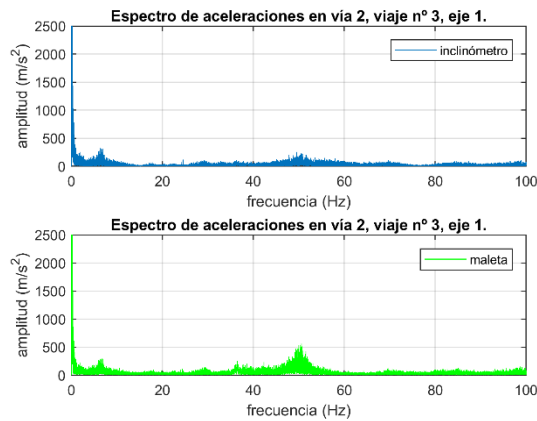
Gràfica 46. Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje X



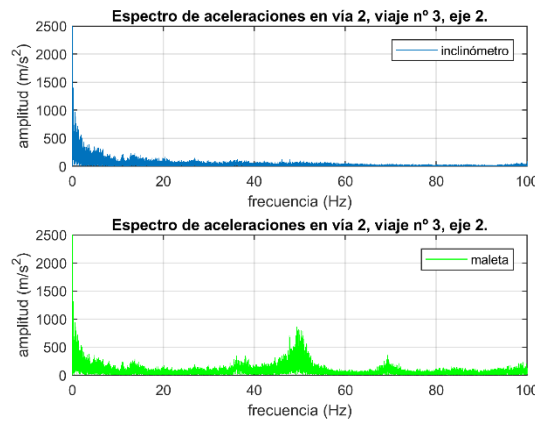
Gràfica 47. Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje Y



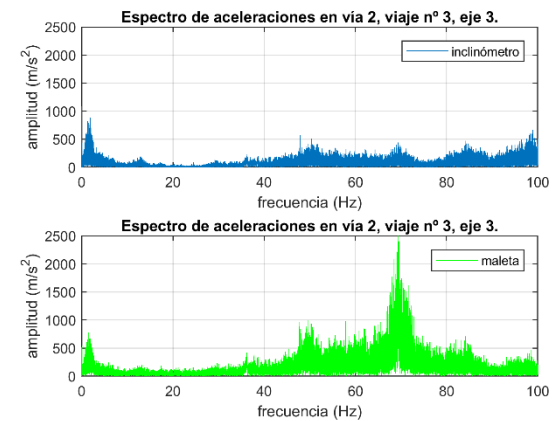
Gràfica 48. Aceleraciones AG-PA, Maq. 3, Eje Z



Gràfica 49. Espectro de Aceleraciones AG-PA,  
Maq. 3, Eje X



Gràfica 50. Espectro de Aceleraciones AG-PA,  
Maq. 3, Eje Y



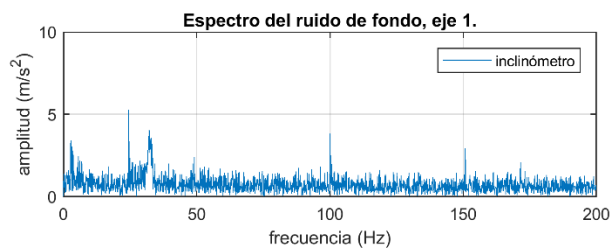
Gràfica 51. Espectro de Aceleraciones AG-PA,  
Maq. 3, Eje Z



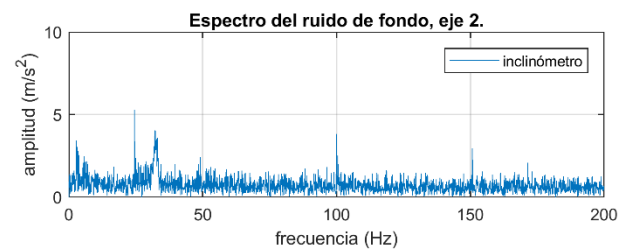
## 7.2 Espectro de Ruido de Fondo

El cálculo del Espectro de Ruido se realizó con las señales obtenidas en las estaciones, donde el tren estaba detenido. Estas deberían obtener valores de aceleraciones de 0 Hz o cercanos a esta cifra, pero como se observa en las Gráfica 52 a la Gráfica 54, las lecturas registradas muestran variación en la amplitud que se considera son producto de una aceleración residual. Esta puede provenir de los equipos electrónicos, del movimiento de los viajeros o de la vibración del tren por los equipos auxiliares.

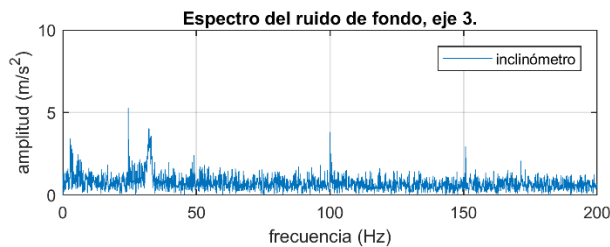
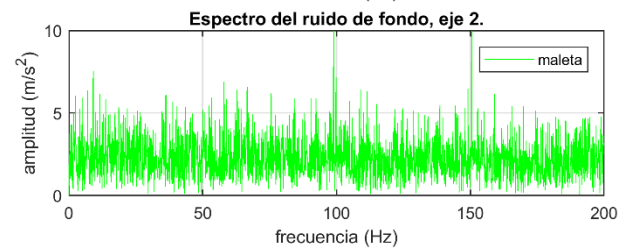
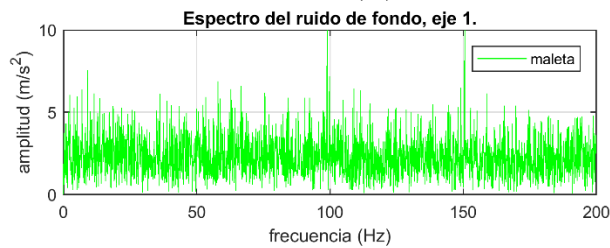
Se reitera con estas señales que el Inclínómetro aplica una serie de filtros en los tres ejes, que minimizan las señales en todas las frecuencias.



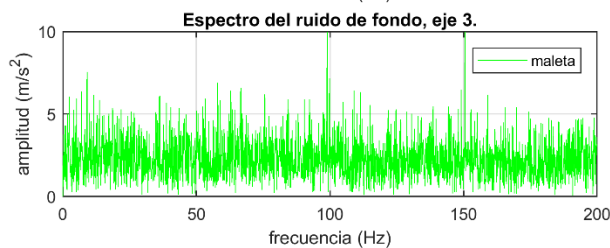
Gráfica 52. Espectro de ruido de fondo Eje X



Gráfica 53. Espectro de ruido de fondo Eje Y



Gráfica 54. Espectro de ruido de fondo Eje Z



### 7.3 Análisis de Filtros

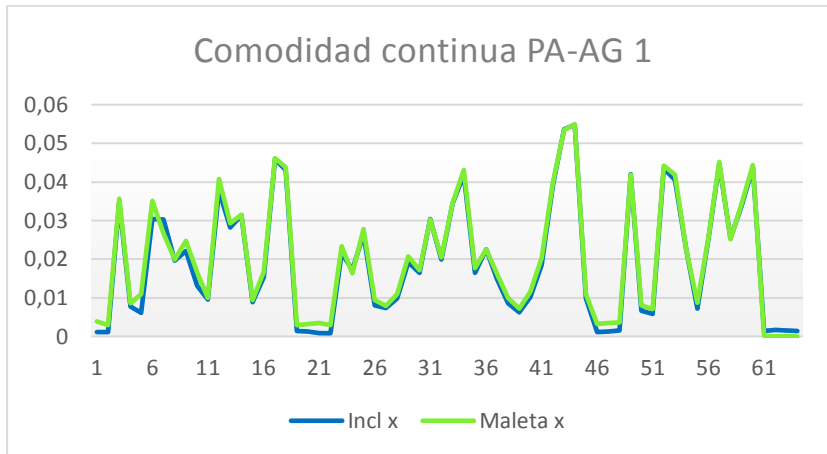
Los filtros eliminan las frecuencias elevadas por encima de 100 Hz (filtro pasa banda). Al filtrar las aceleraciones en frecuencias elevadas, los picos de las aceleraciones se atenúan, las frecuencias más agudas aumentan la magnitud del pico porque suben y bajan más rápidamente, entonces al quitar las frecuencias más elevadas, se le está restando amplitud a los picos, por eso se observa que el Inclinómetro presenta un filtro interno, ya que las aceleraciones son más reducidas en general.

### 7.4 Comodidad Continua

#### 7.4.1 PA-AG Maquinista 1

Como se observa en las Gráfica 55 a la Gráfica 57, en el trayecto PA-AG con el maquinista 1 los índices preliminares para los ejes Y y Z se evalúan como Muy Cómodos.

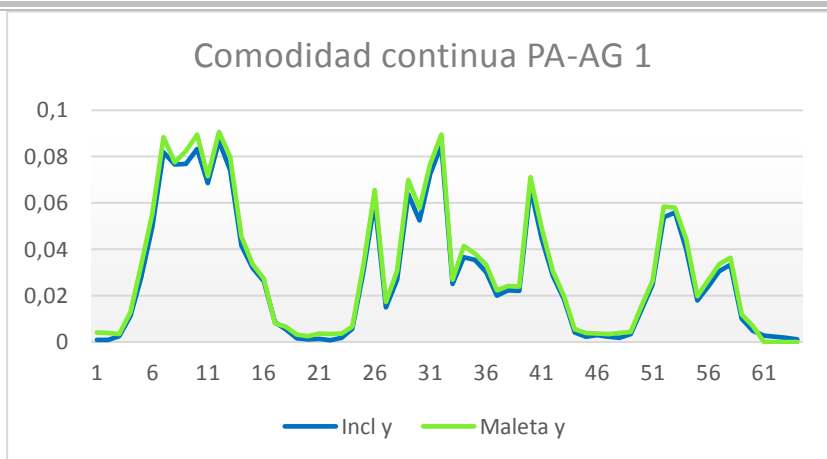
- En el eje X los valores máximos registrados por los dos sensores son iguales con un valor de  $0.055 \text{ m/s}^2$ , pero como se observa en la Gráfica 55, el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor de  $0.0204 \text{ m/s}^2$ , mientras que el Inclinómetro registró un valor de  $0.0195 \text{ m/s}^2$ .
- En la Gráfica 56, correspondiente al eje Y, los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de  $0,087 \text{ m/s}^2$  para la Maleta y  $0,091 \text{ m/s}^2$ , como se observa en la Gráfica 56, el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor de  $0.032 \text{ m/s}^2$ , mientras que el Inclinómetro registró un valor de  $0.029 \text{ m/s}^2$ , ambos clasificándose como Muy Cómodos.
- La Gráfica 57 correspondiente al eje Z, por otro lado, presentó diferencias notables en los resultados obtenidos, se observa en la Gráfica 57 que la maleta registró mayores magnitudes del índice de Comodidad Continua que el inclinómetro, obteniendo un valor máximo de  $0.187 \text{ m/s}^2$  vs  $0.101 \text{ m/s}^2$  y un valor medio de  $0.061 \text{ m/s}^2$  vs.  $0.032 \text{ m/s}^2$ . Los dos clasificándose como Muy Cómodos.



Gráfica 55. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 1, Eje X

- Valor máx CC**
- Maleta: 0,055  $m/s^2$
  - Inclómetro: 0,055  $m/s^2$

- Valor medio CC**
- Maleta: 0.0204  $m/s^2$
  - Inclómetro: 0.0195  $m/s^2$



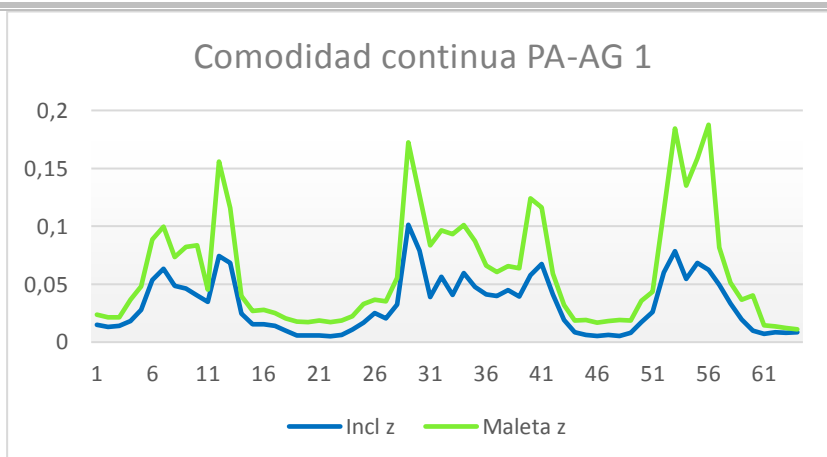
Gráfica 56. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 1, Eje Y

- Valor máx CC**
- Maleta: 0,087  $m/s^2$
  - Inclómetro: 0,091  $m/s^2$

- Valor medio CC**
- Maleta: 0.032  $m/s^2$
  - Inclómetro: 0.029  $m/s^2$

**Clasificación Índice de CC**

- Maleta: Muy cómodo
- Inclómetro: Muy cómodo



Gráfica 57. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 1, Eje Z

- Valor máx CC**
- Maleta: 0.187  $m/s^2$
  - Inclómetro: 0.101  $m/s^2$

- Valor medio CC**
- Maleta: 0.061  $m/s^2$
  - Inclómetro: 0.032  $m/s^2$

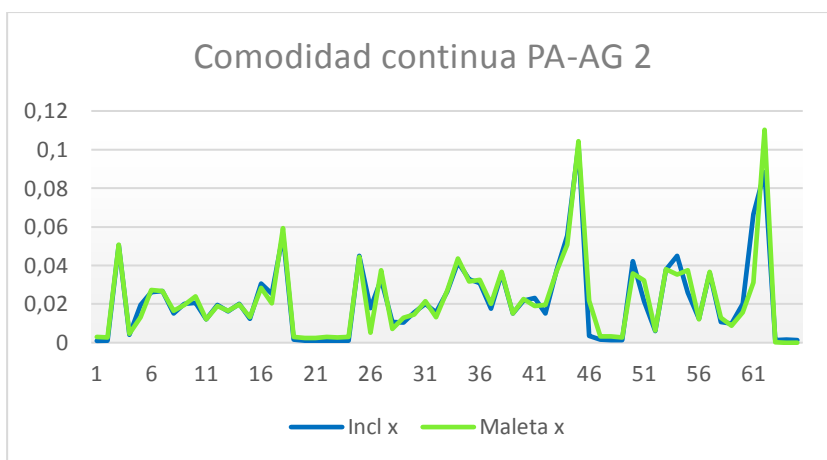
**Clasificación Índice de CC**

- Maleta: Muy cómodo
- Inclómetro: Muy cómodo

#### 7.4.2 PA-AG Maquinista 2

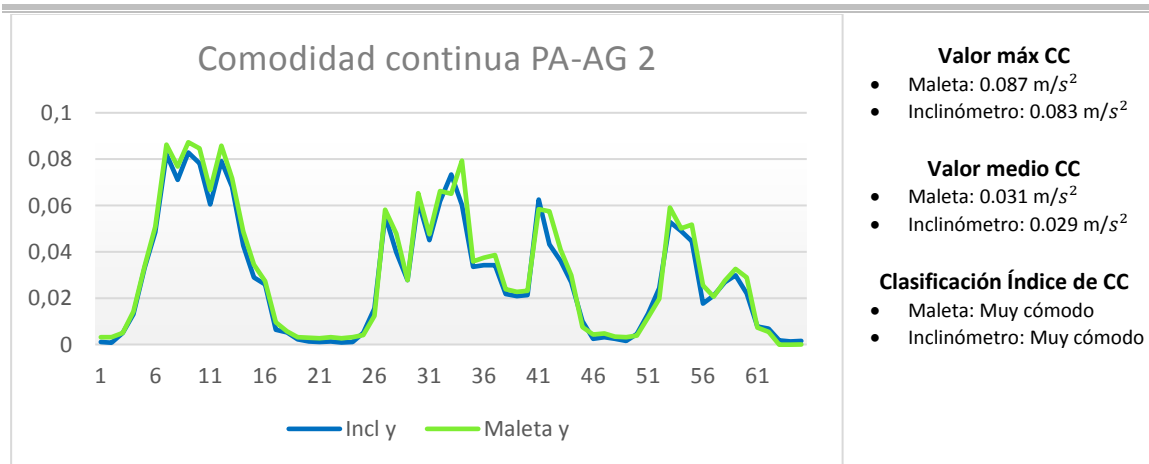
Como se observa en las Gráfica 58 a la Gráfica 60, en el trayecto PA-AG con el maquinista 2 los índices preliminares para los ejes Y y Z se evalúan como Cómodos y Muy Cómodos.

- En el eje X los valores máximos registrados por los dos sensores son similares, con un valor de  $0.110 \text{ m/s}^2$  para la Maleta y de  $0.102 \text{ m/s}^2$ , y como se observa en la Gráfica 58, el Inclinómetro y la Maleta registraron valores de la Comodidad Continua casi idénticos, esto se puede constatar con los valores medios de los registros con un valor de  $0.022 \text{ m/s}^2$  para los dos sensores.
- En la Gráfica 59, correspondiente al el eje Y, los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de  $0,087 \text{ m/s}^2$  para la Maleta y  $0,083 \text{ m/s}^2$ , el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor de  $0.031 \text{ m/s}^2$ , mientras que el Inclinómetro registró un valor de  $0.029 \text{ m/s}^2$ , ambos clasificándose como Muy Cómodos.
- La Gráfica 60, correspondiente al eje Z, por otro lado presentó diferencias notables en los resultados obtenidos, se observa que la Maleta registró mayores magnitudes del índice de Comodidad Continua que el inclinómetro, obteniendo un valor máximo de  $0.215 \text{ m/s}^2$  vs  $0.083 \text{ m/s}^2$  y un valor medio de  $0.066 \text{ m/s}^2$  vs.  $0.028 \text{ m/s}^2$ . Los dos clasificándose como Muy Cómodos.

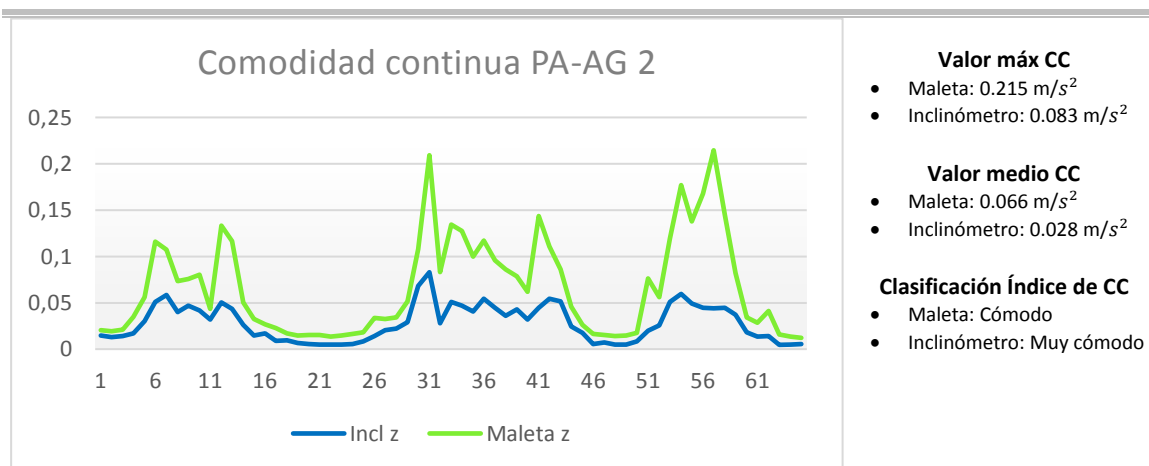


- Valor máx CC**
- Maleta:  $0.110 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.102 \text{ m/s}^2$
- Valor medio CC**
- Maleta:  $0.022 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.022 \text{ m/s}^2$

Gràfica 58. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 2, Eje X



Gràfica 59. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 2, Eje Y



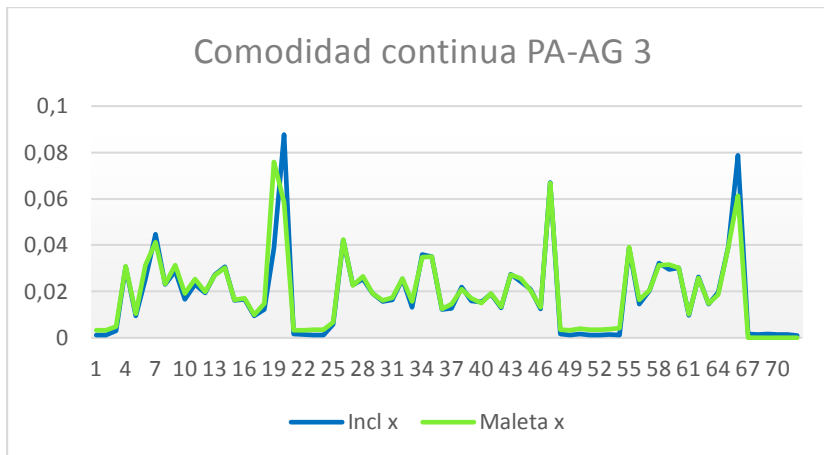
Gràfica 60. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 2, Eje Z

### 7.4.3 PA-AG Maquinista 3

Como se observa en las Gràfica 61 a la Gràfica 63Gràfica 60, en el trayecto PA-AG con el maquinista 3 los índices preliminares para los ejes Y y Z se evalúan como Cómodos y Muy Cómodos.

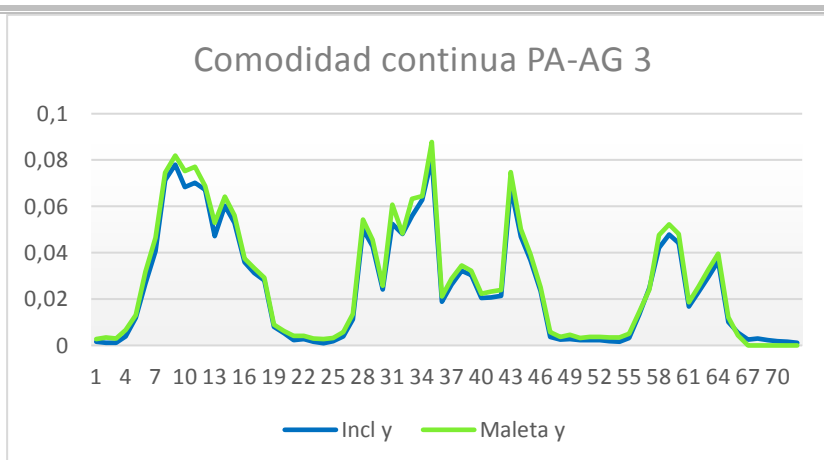
- En el eje X los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de 0.076 m/s<sup>2</sup> para la Maleta y 0.088 m/s<sup>2</sup> para el Inclinómetro, pero como se observa en la Gràfica 61, el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor 0.0194m/s<sup>2</sup>, mientras que el Inclinómetro registró un valor de 0.0198m/s<sup>2</sup>.

- En la Gráfica 62, correspondiente al eje Y, los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de  $0.088 \text{ m/s}^2$  para la Maleta y  $0.081 \text{ m/s}^2$ , el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor de  $0.028 \text{ m/s}^2$ , mientras que el Inclinómetro registró un valor de  $0.025 \text{ m/s}^2$ , ambos clasificándose como Muy Cómodos.
- La Gráfica 63, correspondiente al eje Z, por otro lado, presentó diferencias notables en los resultados obtenidos, se observa en la que la maleta registró mayores magnitudes del índice de Comodidad Continua que el inclinómetro, obteniendo un valor máximo de  $0.209 \text{ m/s}^2$  vs  $0.088 \text{ m/s}^2$  y un valor medio de  $0.054 \text{ m/s}^2$  vs.  $0.027 \text{ m/s}^2$ . Los dos clasificándose como Cómodo y Muy Cómodo.



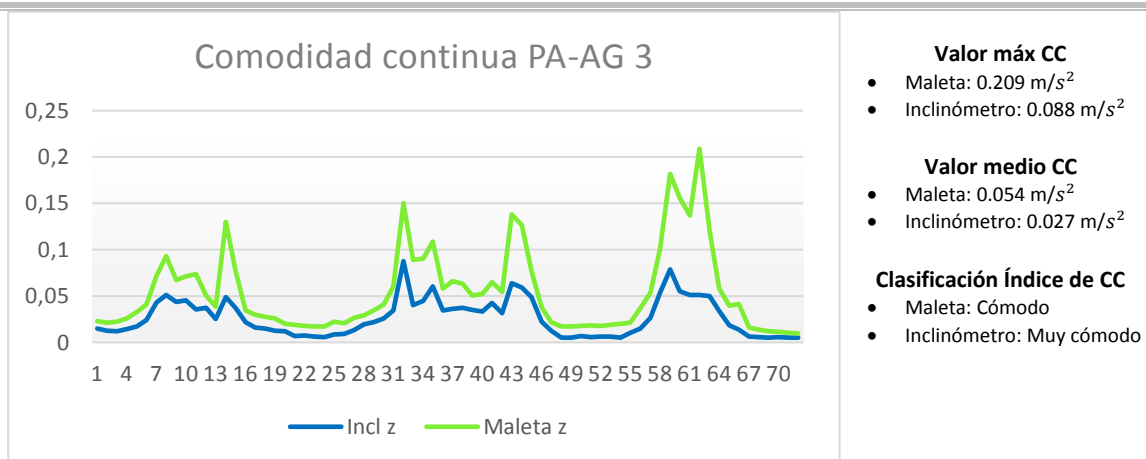
Gráfica 61. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 3, Eje X

- Valor máx CC**
- Maleta:  $0.076 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.088 \text{ m/s}^2$
- Valor medio CC**
- Maleta:  $0.0194 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.0189 \text{ m/s}^2$



Gráfica 62. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 3, Eje Y

- Valor máx CC**
- Maleta:  $0.088 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.081 \text{ m/s}^2$
- Valor medio CC**
- Maleta:  $0.028 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.025 \text{ m/s}^2$
- Clasificación Índice de CC**
- Maleta: Muy cómodo
  - Inclinómetro: Muy cómodo



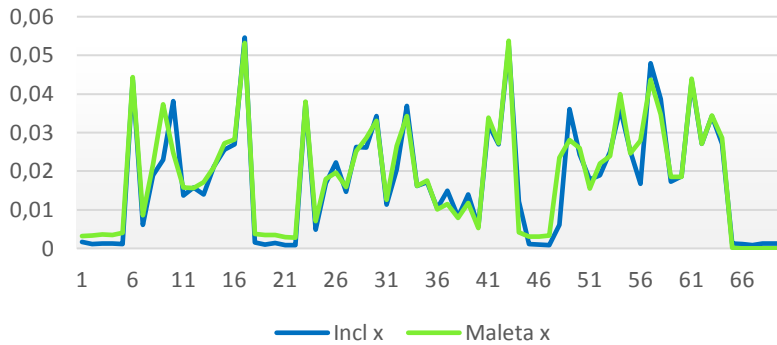
Gráfica 63. Comodidad Continua PA-AG, Maquinista 3, Eje Z

#### 7.4.4 AG-PA Maquinista 1

Como se observa en las Gráfica 64 a la Gráfica 66Gráfica 60, en el trayecto AG-PA con el maquinista 1, los índices preliminares para los ejes Y y Z se evalúan como “Muy Cómodos”.

- En el eje X los valores máximos registrados por los dos sensores son similares, con un valor de  $0.054 m/s^2$  para la Maleta y  $0.055 m/s^2$  para el Inclinómetro, pero como se observa en la Gráfica 64, el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor  $0.029 m/s^2$ , mientras que el Inclinómetro registró un valor de  $0.027 m/s^2$ .
- En la Gráfica 65, correspondiente al el eje Y, los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de  $0.111 m/s^2$  para la Maleta y  $0.103 m/s^2$ , el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor de  $m/s^2$ , mientras que el Inclinómetro registró un valor de  $m/s^2$ , ambos clasificándose como Muy Cómodos.
- La Gráfica 66, correspondiente al eje Z, por otro lado, presentó diferencias notables en los resultados obtenidos, se observa en la que la maleta registró mayores magnitudes del índice de Comodidad Continua que el inclinómetro, obteniendo un valor máximo de  $0.145 m/s^2$  vs  $0.082 m/s^2$  y un valor medio de  $0.048 m/s^2$  vs.  $0.029 m/s^2$ . Los dos clasificándose como Muy Cómodos.

### Comodidad continua AG-PA Eje X



#### Valor máx CC

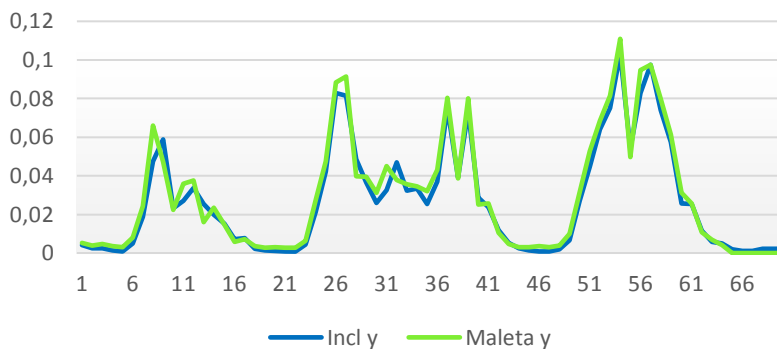
- Maleta: 0.054  $m/s^2$
- Inclómetro: 0.055  $m/s^2$

#### Valor medio CC

- Maleta: 0.019  $m/s^2$
- Inclómetro: 0.018  $m/s^2$

Gráfica 64. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 1, Eje X

### Comodidad continua AG-PA 1 Eje Y



#### Valor máx CC

- Maleta: 0.111  $m/s^2$
- Inclómetro: 0.103  $m/s^2$

#### Valor medio CC

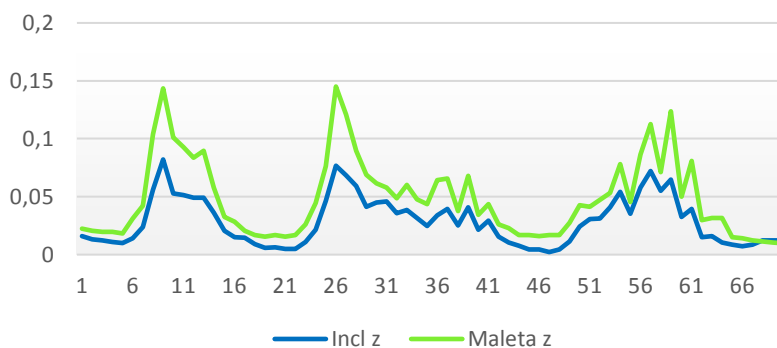
- Maleta: 0.029  $m/s^2$
- Inclómetro: 0.027  $m/s^2$

#### Clasificación Índice de CC

- Maleta: Muy cómodo
- Inclómetro: Muy cómodo

Gráfica 65. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 1, Eje Y

### Comodidad continua AG-PA 1 Eje Z



#### Valor máx CC

- Maleta: 0.145  $m/s^2$
- Inclómetro: 0.082  $m/s^2$

#### Valor medio CC

- Maleta: 0.048  $m/s^2$
- Inclómetro: 0.029  $m/s^2$

#### Clasificación Índice de CC

- Maleta: Muy cómodo
- Inclómetro: Muy cómodo

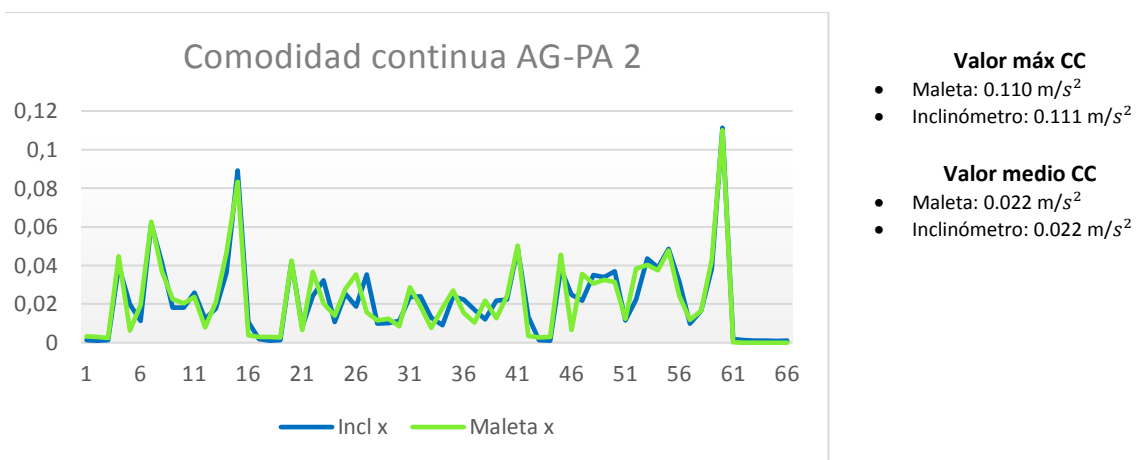
Gráfica 66. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 1, Eje Z



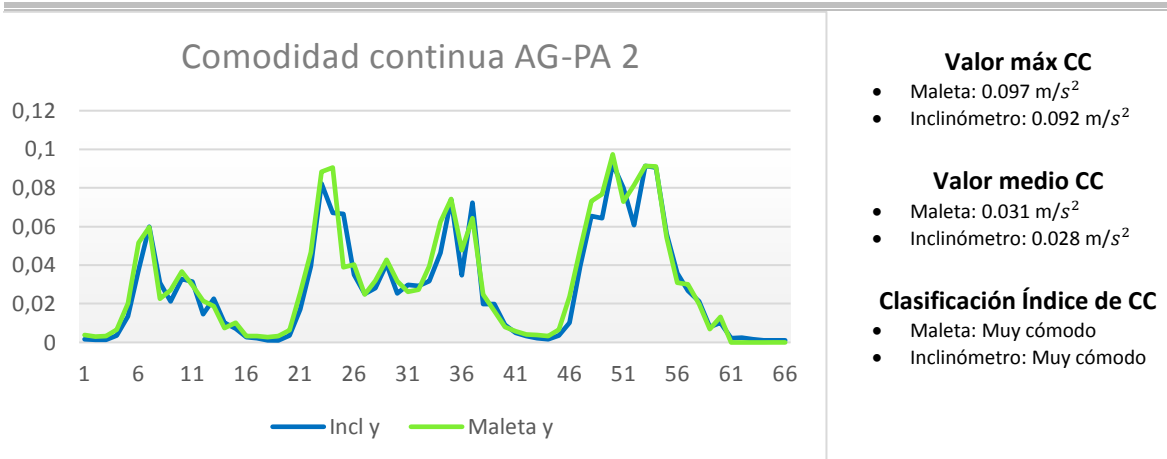
#### 7.4.5 AG-PA Maquinista 2

Como se observa en las Gráfica 67 a la Gráfica 69Gráfica 60, en el trayecto AG-PA con el maquinista 2 los índices preliminares para los ejes Y y Z se evalúan como “Cómodos” y “Muy Cómodos”.

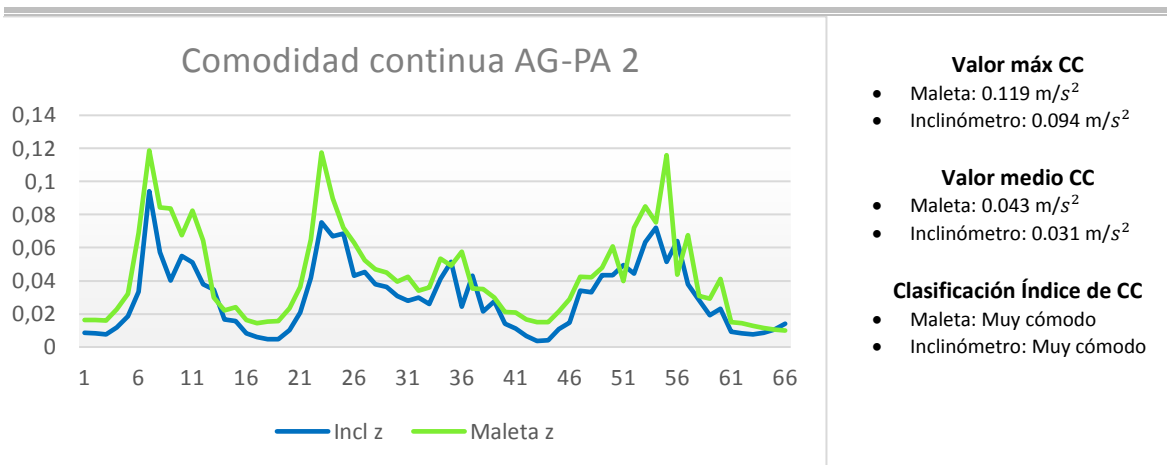
- En el eje X los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de  $0.110 \text{ m/s}^2$  para la Maleta y de  $0.111 \text{ m/s}^2$  para el Inclímetro. Como se observa en la Gráfica 67, el Inclímetro registró aceleraciones en intervalos un poco diferentes pero los valores medios de los índices son iguales con valor de  $0.022 \text{ m/s}^2$ .
- En la Gráfica 68, correspondiente al el eje Y, los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de  $0.097 \text{ m/s}^2$  para la Maleta y  $0.092 \text{ m/s}^2$ , el Inclímetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor de  $0.031 \text{ m/s}^2$ , mientras que el Inclímetro registró un valor de  $0.028 \text{ m/s}^2$ , ambos clasificándose como Muy Cómodos.
- La Gráfica 69, correspondiente al eje Z, por otro lado, presentó diferencias notables en los resultados obtenidos, se observa en la que la maleta registró mayores magnitudes del índice de Comodidad Continua que el inclinómetro, obteniendo un valor máximo de  $0.119 \text{ m/s}^2$  vs  $0.094 \text{ m/s}^2$  y un valor medio de  $0.0043 \text{ m/s}^2$  vs.  $0.031 \text{ m/s}^2$ . Los dos clasificándose como Muy Cómodos.



Gráfica 67. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 2, Eje X



Gráfica 68. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 2, Eje Y



Gráfica 69. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 2, Eje Z

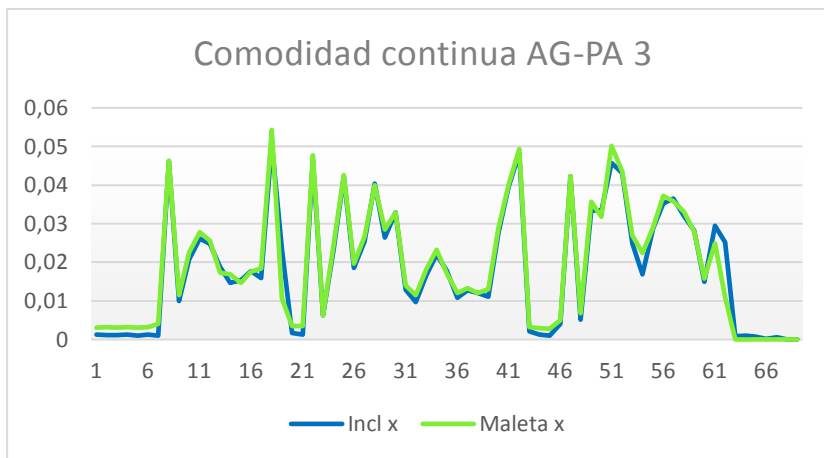
#### 7.4.6 AG-PA Maquinista 3

Como se observa en las Gráfica 70 a la Gráfica 72, en el trayecto AG-PA con el maquinista 3 los índices preliminares para los ejes Y y Z se evalúan como Muy Cómodos.

- En el eje X los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de 0.054 m/s<sup>2</sup> para la Maleta y de 0.051 m/s<sup>2</sup> para el Inclinómetro, pero como se observa en la Gráfica 70, el Inclinómetro registró aceleraciones un poco menores a la Maleta, esto se puede constatar con los valores medios de los registros, donde la Maleta registró un valor 0.0191 m/s<sup>2</sup>, mientras que el Inclinómetro registró un valor de 0.0186 m/s<sup>2</sup>.
- En la Gráfica 71, correspondiente al el eje Y, los valores máximos registrados por los dos sensores son similares con un valor de 0.109 m/s<sup>2</sup> para la Maleta y 0.112 m/s<sup>2</sup>,

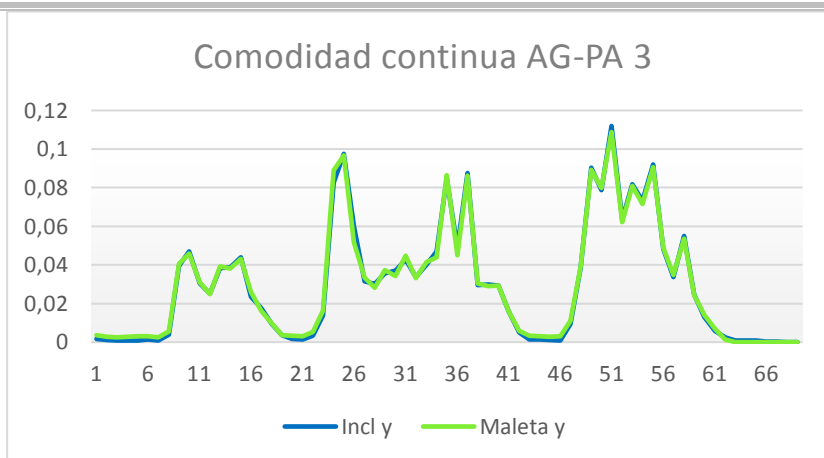
además en una verificación del promedio de los índices se observa que son iguales con un valor de  $0.030 \text{ m/s}^2$ , los dos clasificándose como Muy Cómodos.

- La Gráfica 72, correspondiente al eje Z, por otro lado, presentó diferencias notables en los resultados obtenidos, se observa en la que la maleta registró mayores magnitudes del índice de Comodidad Continua que el inclinómetro, obteniendo un valor máximo de  $0.195 \text{ m/s}^2$  vs  $0.095 \text{ m/s}^2$  y un valor medio de  $0.55 \text{ m/s}^2$  vs.  $0.32 \text{ m/s}^2$ . Los dos clasificándose como Muy Cómodos.



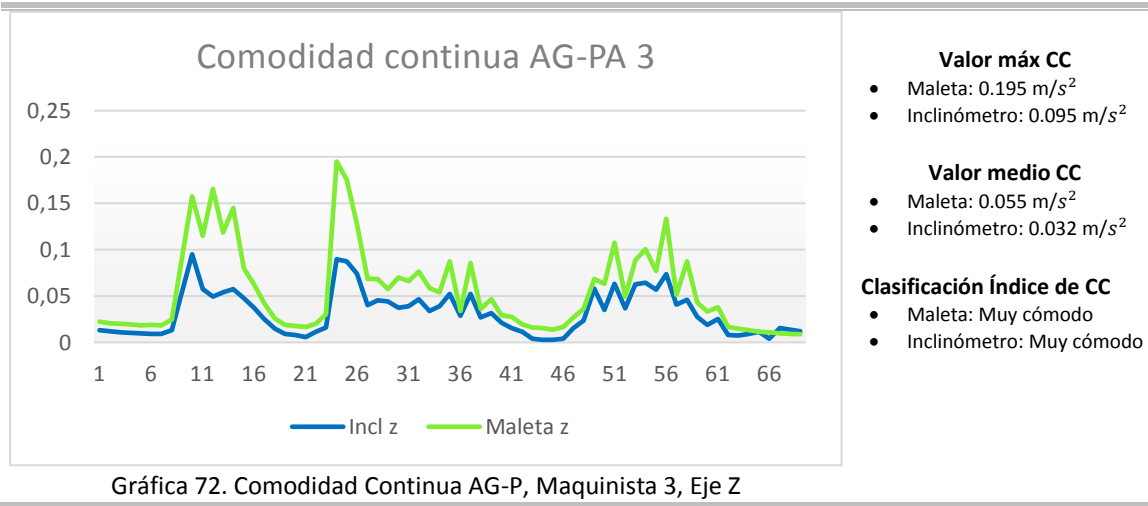
Gráfica 70. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 3, Eje X

- Valor máx CC**
- Maleta:  $0.054 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.051 \text{ m/s}^2$
- Valor medio CC**
- Maleta:  $0.0191 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.0186 \text{ m/s}^2$



Gráfica 71. Comodidad Continua AG-P, Maquinista 3, Eje Y

- Valor máx CC**
- Maleta:  $0.109 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.112 \text{ m/s}^2$
- Valor medio CC**
- Maleta:  $0.030 \text{ m/s}^2$
  - Inclinómetro:  $0.030 \text{ m/s}^2$
- Clasificación Índice de CC**
- Maleta: Muy cómodo
  - Inclinómetro: Muy cómodo



Los índices de Comodidad Continua a pesar de ser preliminares, se puede deducir que la comparativa de los sensores en los ejes X y Y presentan el mismo intervalo y magnitud, sin embargo, como se observa en los resultados del eje Z, la Maleta casi duplica los valores máximos y promedios respecto al Inclómetro.

Con el objetivo de identificar por medio de las señales obtenidas un patrón o forma de conducción de los maquinistas, y conocer si las variables aplicables al personal como tiempo de experiencia, días laborados y días de descanso previos a la conducción influían en su desempeño, se analizó el valor medio de la Comodidad Continua de la Maleta, donde se considera que un menor valor de este índice, se relacionaría con una mejor conducción y teóricamente se asignaría a un maquinista experto o con mayor tiempo de experiencia.

DETALLE DE LA CONDUCCIÓN DE MAQUINISTAS											
N° MAQUINISTA	TIEMPO COMO MAQUINISTAS (AÑOS)	DIAS EN SERVICIO HASTA LA PRUEBA	HORA INICIO DE TURNO	HORA FIN DEL ÚLTIMO DESCANSO	Valor Medio del Índice de C. Continua (Maleta)						
					Patraix - A. Guimera	A Guimera - Patraix	Patraix - A. Guimera	A. Guimera - Patraix	Patraix - A. Guimera	A. Guimera - Patraix	
					Eje X		Eje Y		Eje Z		
1	0.53	1	5:10	10:03	0.0205	0.0185	0.0316	0.0291	0.0607	0.0482	
2	1.73	1	5:35	11:52	0.0224	0.0221	0.0311	0.0307	0.0665	0.0431	
3	19.58	0	14:03	14:03	0.0195	0.0192	0.0277	0.0299	0.0540	0.0553	

Tabla 8. Conducción de maquinistas

En la Tabla 8 se muestran los índices medios de la Comodidad Continua para cada maquinista, trayecto y eje, donde los tonos más oscuros representan un menor confort.

El maquinista 3 es quien presenta menores índices medios de C. Continua, seguido por el maquinista 1 y el maquinista 2, coincidente con que el maquinista 1 es quien mayor experiencia tiene en el cargo, sin embargo, el maquinista 1 es quien menos experiencia presenta.

Acorde a esta información se tiene que el índice obtenido puede ser un indicativo de cumplimiento de una comodidad promedio en un trayecto o tramo. Sin embargo, no detalla de forma puntual la afectación a la comodidad por forma de conducción en cada parte del trayecto. Se considera también importante el poder reconocer afectaciones al confort en eventos puntuales como curvas o entradas y salidas de estaciones, pero con los índices evaluados no es posible realizarlo.

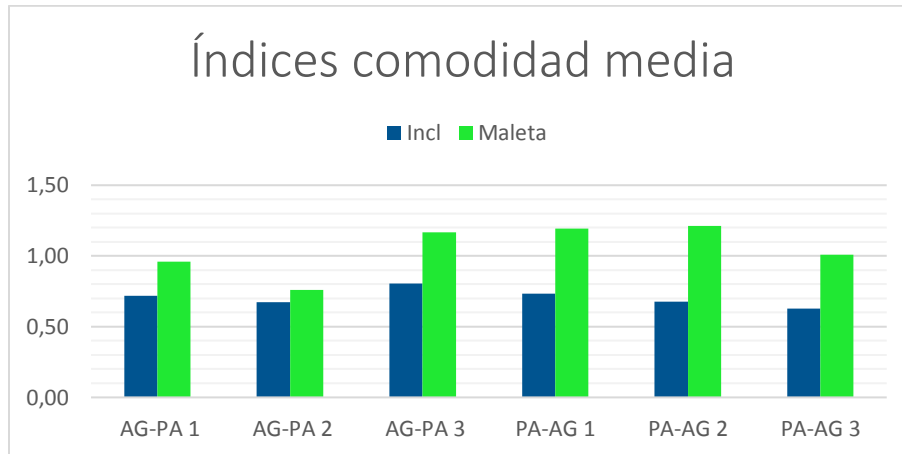
Cabe aclarar que las pruebas no se realizaron en un entorno controlado, los maquinistas podían cambiar su forma de conducción por el conocimiento de la elaboración de las pruebas.

Para poder entrar a un nivel de detalle de la evaluación de la conducción de un maquinista comparado con una conducción modelo o ideal, se requiere inicialmente realizar el análisis con las aceleraciones en función de cada punto del trayecto o ubicación del tren, no realizarlo con los índices, requiriendo para esto la georreferenciación del vehículo en todo momento. Se requiere también, una muestra de señales mucho más amplia, tanto de trayectos como de maquinistas, además de definir las variables que pueden afectar de forma considerable los resultados, como los periodos de descanso de los maquinistas, el día laborado (entre semana o fin de semana), el trayecto (elevado o subterráneo), las características de la línea, e incluso la hora (punta o valle).

### **7.5 Comodidad Media**

Acorde a la escala para la clasificación del índice de la Comodidad Media indicado en la Tabla 6, se observa que con los dos sensores se obtiene índice “Muy Cómodo” para los 3 maquinistas y los 2 trayectos.

Es notable en la Gráfica 73 la diferencia entre los dos sensores. El sensor “Maleta” en todos los casos registró magnitudes superiores del Índice de Comodidad Media.



Gràfica 73. Resultados índice de Comodidad Media

En la Tabla 9 se observan desviaciones para el índice de Comodidad Media de hasta un 79% y un mínimo de 13% entre sensores y estas diferencias parecen no tener un patrón en común.

ÍNDICE DE COMODIDAD MEDIA					
Trayecto	Incl.	Desviación media	Maleta	Desviación media	% Desviación entre sensores
AG-PA 1	0.72	-0.02	0.96	0.00	33%
AG-PA 2	0.67	-0.09	0.76	-0.26	13%
AG-PA 3	0.81	0.09	1.17	0.18	45%
PA-AG 1	0.73	0.07	1.19	0.05	63%
PA-AG 2	0.68	0.00	1.21	0.06	79%
PA-AG 3	0.63	-0.08	1.01	-0.13	60%

Tabla 9. Resultados índice de Comodidad Media

Partiendo de la hipótesis de que la Maleta es un equipo testeado, configurado y calibrado para realizar las auscultaciones dinámicas de vía y con base a estas restringir o ampliar las velocidades de los trayectos en FGV, se considera este como el equipo de referencia, y que el Inclinómetro debería obtener las mismas mediciones o similares.

Se ha observado a lo largo del análisis de los resultados que los valores presentados por el Inclinómetro no son fiables, ya que más allá de mostrar valores menores en todos los índices y aceleraciones, estos no muestran un patrón o una desviación regular de los datos.

## 8. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

### 8.1 Conclusiones

En esta tesis se ha estudiado la empleabilidad del sensor Mti XSens denominado Inclinómetro, que mide aceleraciones en tres ejes para el cálculo del confort de pasajeros acorde a la norma EN 12299 en seis (6) trayectos de la Línea 2 del metro de Valencia, comparando las lecturas de sus señales con el sensor ya empleado en MetroValencia para la auscultación dinámica de vías denominado “Maleta”.

El Inclinómetro tiene como beneficio respecto a la Maleta, su fácil portabilidad y ubicación en la cabina del tren, la descarga directa de los registros en un ordenador y la lectura de las señales recopiladas por medio de un software de libre descarga. Esto facilita una instalación fija en cada vehículo de un sistema ferroviario y una lectura constante de la auscultación dinámica de vía. Además, permitirá conocer en tiempo real el estado de la infraestructura ferroviaria, y poder tener una optimización en los trabajos de mantenimiento.

De la comparativa realizada, tanto en las gráficas de Aceleraciones, Espectros y Ruidos como en los índices de confort, se concluye que el sensor Mti XSens, respecto de la Maleta Confemed, subestima las aceleraciones verticales, porque aplica un filtro interno, y por eso las valoraciones resultan menores, aunque todas están en el mismo intervalo.

Conociendo que los filtros se pueden aplicar en diferentes anchos de banda y de forma separada por cada eje, se observa en las gráficas de Espectros de Frecuencia, que, en la mayoría de los casos, el contenido en frecuencias por encima de los 40 Hz es superior en el caso de la Maleta, en particular, existe un pico alrededor de los 70 Hz en las aceleraciones verticales (eje Z) que en el Inclinómetro no existen. Las gráficas entre las bandas bajas (0 Hz – 40 Hz) y altas (70 Hz – 100 Hz) son similares entre los dos sensores. Estas diferencias se deben a que el programa que extrae los datos del inclinómetro lleva incorporado un filtro interno que reduce la amplitud de la señal.

Esta idea viene reforzada con las tres gráficas donde se muestra los Espectros de Ruido. Es decir, se ha representado un fragmento de la señal en la que el tren estaba detenido, y se ha analizado el contenido en frecuencia de la señal. Idealmente, debería ser nulo, pero se observa que los registros son mayores en la Maleta que en el Inclinómetro, por lo que nuevamente se deduce que el Inclinómetro lleva incorporado algún tipo de filtro que minimiza las señales.

La sensibilidad de los equipos de registro obliga a prestar especial atención, además de las configuraciones de los filtros, a la ubicación de los sensores (que en todas las pruebas se

encuentren en el mismo lugar y dirección) y que la superficie de apoyo de los sensores se encuentre sin ningún objeto que altere su estabilidad.

Se estudiaron también las señales obtenidas por los sensores, para realizar una comparativa en la forma de conducción de los maquinistas respecto a una conducción “ideal” realizada por un experto, y poder dichos resultados emplear en simuladores en las Escuelas de Conducción.

La muestra estudiada no es lo suficientemente amplia para brindar un resultado concluyente respecto a la empleabilidad de los datos en una comparativa de conducción, sin embargo, si se puede calcular el índice de Comodidad Continua medio de la conducción de un maquinista en diferentes trayectos, información que se puede emplear para dar resultados del servicio prestado.

Además de ampliar la muestra incluyendo todas las variables que se presentan en la operación de las líneas, como los periodos de descanso de los maquinistas, el día laborado (entre semana o fin de semana), el trayecto (elevado o subterráneo), características de la línea, e incluso la hora (punta o valle). Se debe emplear también ordenadores potentes para procesamiento de datos y para el uso de software de programación, que puedan analizar toda la información recopilada.

Las pruebas se deben realizar de forma que los maquinistas no alteren su forma de conducción por las evaluaciones que se están realizando en el vehículo.

## **8.2 Futuras líneas de investigación**

Como posible línea de investigación se debe probar diferentes configuraciones con diferentes filtros dentro de la aplicación del Inclinómetro, aplicando otros tipos de filtro más permisivos, que alterasen menos la señal. Se debe calibrar el Inclinómetro de forma que los filtros aplicados sean los mismos que los que aplica la Maleta, y verificar si de esta forma las lecturas son registradas de igual forma.

Es de bastante utilidad el poder enlazar la información analógica obtenida por la Caja Negra, en especial la velocidad en función del tiempo con la información obtenida de las Auscultaciones Dinámicas y Geométricas, para así poder dar una ubicación precisa del tren donde no se cuente con señal de GPS.

La información obtenida en este estudio puede ampliarse mucho más en la formación maquinistas, al igual que para el desarrollo de simuladores de conducción.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. C. M., & Díaz, J. I. I. (2018). El transporte ferroviario como la solución de transporte más sostenible: desarrollos actuales para la mejora de la eficiencia energética del ferrocarril. *Revista Digital del Cedex*, (191), 124-132.
- Adif, Área de Vía. 2018. «Pliego de condiciones técnicas para el premantenimiento y mantenimiento de infraestructura, vía y aparatos de vía de la línea de Alta Velocidad Madrid-Este. Bases de Requena y Monforte del Cid». [http://www.adif.es/AdifWeb/descargas/descargarDocumentacion.jsp?file\\_id=001A64F6276E1EE981A0995E0EE6214F&noLogin=true&expediente=2.18/21506.0031](http://www.adif.es/AdifWeb/descargas/descargarDocumentacion.jsp?file_id=001A64F6276E1EE981A0995E0EE6214F&noLogin=true&expediente=2.18/21506.0031)
- Adif, Dirección General de Desarrollo de Negocio Corporativo - Dirección de Gabinete y Recursos. 2020. «Declaración sobre la red 2020». [http://www.adif.es/es\\_ES/conoceradif/declaracion\\_de\\_la\\_red.shtml](http://www.adif.es/es_ES/conoceradif/declaracion_de_la_red.shtml)
- Campos, M. F. J., De Rus, M. G., & Barrón, D. A. I. M. (2009). El transporte ferroviario de alta velocidad: una visión económica (No. 201057).
- Comité técnico AEN/CTN 25, Aplicaciones ferroviarias. 2009. *Aplicaciones ferroviarias Comodidad de viaje para los pasajeros Medición y evaluación*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0045231>
- «Event Recorder: Sepsa». <http://www.sepsa.es/es/product/event-recorder/> (13 de mayo de 2020).
- FGV. (s. f.). Plano General MetroValencia. <https://www.metrovalencia.es/page.php>
- Godde, R. (2012). Estudio de condiciones técnicas de servicio para la implantación de vehículos ferroviarios híbridos para trabajos de mantenimiento de vías y catenarias.
- Ing. Pernia-Márquez, Daniel A. 2004. «INTRODUCCIÓN A LA MEDICIÓN DE VIBRACIÓN». [http://www.academia.edu/download/49556329/INTRODUCCION\\_A\\_LA\\_MEDICION\\_DE\\_VIBRACION.pdf](http://www.academia.edu/download/49556329/INTRODUCCION_A_LA_MEDICION_DE_VIBRACION.pdf)

- 
- Plaza, José Antonio, Jaume Esteve i Tintó, y Emilio Lora-Tamayo D'Ocón. 2000. «Acelerómetro triaxial». <https://digital.csic.es/handle/10261/6679> (8 de mayo de 2020).
  - RENFE. Dirección de Mantenimiento de Infraestructura., Dirección Técnica. 2004. *Inspección de la Vía - Criterios de Vigilancia de la Vía*. <http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/4CB3E67C6D931468C1258170002C4142?OpenDocument&tDoc=F>
  - RENFE, U.N Mantenimiento de Infraestructura, Dirección Técnica. 2003. Geometría de la Vía - Determinación de las velocidades máximas admisibles por trazado. Ancho nominal 1668mm y velocidades hasta 220 km/h. <http://descargas.adif.es/ade/u18/GCN/NormativaTecnica.nsf/v0/1C20053BED1197EAC1258170002C40C3?OpenDocument&tDoc=F>
  - Tribunal de Cuentas Europeo. (2018). Informe especial: Una red de ferrocarril de alta velocidad en Europa. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/high-speed-rail-19-2018/es/>
  - «UNE - La Asociación». <https://www.une.org/la-asociacion> (26 de abril de 2020).
  - «Vías férreas». <https://www.cen.eu/work/Sectors/Transport/Pages/Railways.aspx> (26 de abril de 2020).

## 10. ANEXOS

### 10.1 Formato de toma de datos

#### UT 4318 ITINERARIO DEL TREN DEL 27 DE DICIEMBRE DE 2019

Estación Término	Secuencia de trenes	Hora de Salida Teórica	Hora de Llegada Teórica	Maquinista	Estación de salida	Estación de Llegada
P	2033	9:52:00 a. m.	10:29:24 a. m.	JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ / PEDRO GARCIA MADRIGAL	TorrentAVINGuda	Paterna
T	2040	10:58:00 a. m.	11:35:59 a. m.	PEDRO GARCIA MADRIGAL	Paterna	TorrentAVINGuda
P	2045	11:52:00 a. m.	12:29:24 p. m.	JAIME LINARES	TorrentAVINGuda	Paterna
T	2052	12:58:00 p. m.	1:35:59 p. m.	JAIME LINARES	Paterna	TorrentAVINGuda
P	2057	1:52:00 p. m.	2:29:24 p. m.	JAIME LINARES / MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	TorrentAVINGuda	Paterna
T	2218	2:30:00 p. m.	2:55:59 p. m.	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	Paterna	Parada Cambio de Modo M+30

<b>Fecha</b>	27/12/2019		<b>Hoja</b>	1			
<b>Hora de inicio de Toma</b>	Maleta:	Inclinómetro:					
<b>Ubicación GPS</b>	Latitud:	Longitud:					
<b>UT</b>							
<b>Grabación del Cesis en Cabina</b>	M1	M2	<b>Grabación Inclinómetro</b>				

<b>Sentido:</b>	Ascendente	Descendente
<b>Modo de conducción</b>	Manual	ATO
<b>Ubicación de los equipos</b>	Punta	Cola

Grabación Maleta

2033	Distancia (m)	Distancia Acumulada(m)	Hora Teórica	Hora Real	Estación	Observación	Maquinista	Fecha de Ingreso	Años de experiencia	Días laborados desde el ultimo descanso	Horas desde el inicio del turno
Torrent Avinguda			9:52:00 a. m.	9:52:00 a. m.	S. Torrent Avinguda		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	2:37:00
	2,307.0	2,307.0			E. Torrent		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	
Torrent			9:56:00 a. m.	9:56:45 a. m.	S. Torrent		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	2:41:00
	2,165.0	4,472.0			E. Picanya		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	
Picanya			9:59:00 a. m.	9:59:46 a. m.	S. Picanya		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	2:44:00
	1,702.0	6,174.0			E. Paiporta		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	
Paiporta			10:01:00 a. m.	10:02:03 a. m.	S. Paiporta		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	2:46:00
	1,260.0	7,434.0			E. Valencia Sud		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	
València Sud			10:03:00 a. m.	10:04:04 a. m.	S. Valencia Sud		JUAN CARLOS PEREZ GIMENEZ	01/11/2003	17.02	1	2:48:00
	1,236.0	8,670.0			E. Sant Isidre		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Sant Isidre			10:05:08 a. m.	10:06:34 a. m.	S. Sant Isidre		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	4:55:08
	600.0	9,270.0			E. Safranar		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Safranar			10:06:25 a. m.	10:07:48 a. m.	S. Safranar		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	4:56:25
	690.0	9,960.0			E. Patraix		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	

Patraix			10:07:54 a. m.	10:09:11 a. m.	S. Patraix		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	4:57:54
	642.0	10,602.0			E. Jesus		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Jesús			10:09:40 a. m.	10:10:42 a. m.	S. Jesus		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	4:59:40
	797.0	11,399.0			E. Pl Espanya		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Pl. Espanya			10:11:54 a. m.	10:12:54 a. m.	S. Pl Espanya		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:01:54
	481.0	11,880.0			E. A Guimera		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Á. Guimerà			10:13:25 a. m.	10:14:11 a. m.	S. A Guimera		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:03:25
	1,016.0	12,896.0			E. Turia		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Túria			10:15:19 a. m.	10:16:04 a. m.	S. Turia		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:05:19
	700.0	13,596.0			E. Campanar		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Camapanar			10:16:46 a. m.	10:17:27 a. m.	S. Campanar		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:06:46
	949.0	14,545.0			E. Beniferri		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Beniferri			10:18:25 a. m.	10:18:59 a. m.	S. Beniferri		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:08:25
	1,081.0	15,626.0			E. Empalme		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Empalme			10:20:24 a. m.	10:20:55 a. m.	S. Empalme		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:10:24
	993.0	16,619.0			E. Cantereria		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Cantereria			10:22:24 a. m.	10:22:55 a. m.	S. Cantereria		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:12:24
	640.0	17,259.0			E. Benimamet		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Benimàmet			10:24:24 a. m.	10:24:30 a. m.	S. Benimamet		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:14:24
	655.0	17,914.0			E. Les Carolines		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Les Carolines- Fira			10:25:24 a. m.	10:25:48 a. m.	S. Les Carolines		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:15:24
	1,107.0	19,021.0			E. Campament		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	

Campament			10:27:24 a. m.	10:27:52 a. m.	S. Campament		<b>PEDRO GARCIA MADRIGAL</b>	15/06/2019	1.39	1	5:17:24
	630.0	19,651.0			E. Paterna		<b>PEDRO GARCIA MADRIGAL</b>	15/06/2019	1.39	1	
Paterna			10:29:24 a. m.	10:29:45 a. m.			<b>PEDRO GARCIA MADRIGAL</b>	15/06/2019	1.39	1	5:19:24

<b>Fecha</b>	27/12/2019		<b>Hoja</b>	2			
<b>Hora de inicio de Toma</b>	Maleta: _____		Inclinómetro: _____				
<b>Ubicación GPS</b>	Latitud: _____		Longitud: _____				
<b>UT</b>	0						
<b>Grabación del Cesis en Cabina</b>	M1	M2	<b>Grabación Inclinómetro</b> _____				
<b>Sentido:</b>	Ascendente	Descendente	<b>Grabación Maleta</b> _____				
<b>Modo de conducción</b>	Manual	ATO					
<b>Ubicación de los equipos</b>	Punta	Cola					

2040	Distancia (m)	Distancia Acumulada(m)	Hora Teórica	Hora Real	Estación	Observación	Maquinista	Fecha de Ingreso	Años de experiencia	Días laborados desde el ultimo descanso	Horas desde el inicio del turno
Paterna			10:58:00 a. m.	10:58:57 a. m.	S. Paterna	Retraso en iniciar medición inclinómetro	<b>PEDRO GARCIA MADRIGAL</b>	15/06/2019	1.39	1	5:48:00 a. m.
	630.0	630.0			E. Campament		<b>PEDRO GARCIA MADRIGAL</b>	15/06/2019	1.39	1	

Campament			11:00:00 a. m.	10:59:56 a. m.	S. Campament	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:50:00 a. m.
	1,107.0	1,737.0			E. Les Carolines	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Les Carolines- Fira			11:02:00 a. m.	11:01:59 a. m.	S. Les Carolines	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:52:00 a. m.
	655.0	2,392.0			E. Benimamet	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Benimàmet			11:03:00 a. m.	11:03:25 a. m.	S. Benimamet	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:53:00 a. m.
	640.0	3,032.0			E. Cantereria	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Cantereria			11:05:00 a. m.	11:04:58 a. m.	S. Cantereria	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:55:00 a. m.
	993.0	4,025.0			E. Empalme	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Empalme			11:07:00 a. m.	11:06:43 a. m.	S. Empalme	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:57:00 a. m.
	1,081.0	5,106.0			E. Beniferri	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Beniferri			11:09:01 a. m.	11:08:49 a. m.	S. Beniferri	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	5:59:01 a. m.
	949.0	6,055.0			E. Campanar	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Camapanar			11:10:44 a. m.	11:10:36 a. m.	S. Campanar	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:00:44 a. m.
	700.0	6,755.0			E. Turia	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Túria			11:12:08 a. m.	11:11:58 a. m.	S. Turia	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:02:08 a. m.
	1,016.0	7,771.0			E. A Guimera	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Á. Guimerà			11:14:11 a. m.	11:13:50 a. m.	S. A Guimera	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:04:11 a. m.
	481.0	8,252.0			E. Pl Espanya	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Pl. Espanya			11:15:36 a. m.	11:15:15 a. m.	S. Pl Espanya	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:05:36 a. m.
	797.0	9,049.0			E. Jesus	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Jesús			11:17:42 a. m.	11:17:28 a. m.	S. Jesus	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:07:42 a. m.
	642.0	9,691.0			E. Patraix	PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	

Patraix			11:19:21 a. m.	11:19:10 a. m.	S. Patraix		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:09:21 a. m.
	690.0	10,381.0			E. Safranar		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Safranar			11:20:44 a. m.	11:20:35 a. m.	S. Safranar		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:10:44 a. m.
	600.0	10,981.0			E. Sant Isidre		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Sant Isidre			11:22:01 a. m.	11:21:59 a. m.	S. Sant Isidre		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:12:01 a. m.
	1,236.0	12,217.0			E. Valencia Sud		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
València Sud			11:23:59 a. m.	11:23:55 a. m.	S. Valencia Sud		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:13:59 a. m.
	1,260.0	13,477.0			E. Paiporta		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Paiporta			11:25:59 a. m.	11:25:37 a. m.	S. Paiporta		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:15:59 a. m.
	1,702.0	15,179.0			E. Picanya		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Picanya			11:27:59 a. m.	11:28:03 a. m.	S. Picanya		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:17:59 a. m.
	2,165.0	17,344.0			E. Torrent		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Torrent			11:31:59 a. m.	11:30:47 a. m.	S. Torrent		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:21:59 a. m.
	2,307.0	19,651.0			E. Torrent Avinguda		PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	
Torrent Avinguda			11:35:59 a. m.	11:35:20 a. m.			PEDRO GARCIA MADRIGAL	15/06/2019	1.39	1	6:25:59 a. m.

<b>Fecha</b>	27/12/2019	<b>Hoja</b>	3		
<b>Hora de inicio de Toma</b>	Maleta:	Inclinómetro:	10:30 a. m.		



Ubicación GPS		Latitud:		Longitud:							
UT		0									
Grabación del Cesis en Cabina		M1	M2			Grabación Inclinómetro					
Sentido:		Ascendente	Descendente			Grabación Maleta					
Modo de conducción		Manual	ATO								
Ubicación de los equipos		Punta	Cola								
2045	Distancia (m)	Distancia Acumulada(m)	Hora Teórica	Hora Real	Estación	Observación	Maquinista	Fecha de Ingreso	Años de experiencia	Días laborados desde el ultimo descanso	Horas desde el inicio del turno
Torrent Avinguda			11:52:00 a. m.	11:52:28 a. m.	S. Torrent Avinguda		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:17:00 a. m.
	2,307.0	2,307.0			E. Torrent		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Torrent			11:56:00 a. m.	11:56:26 a. m.	S. Torrent		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:21:00 a. m.
	2,165.0	4,472.0			E. Picanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Picanya			11:59:00 a. m.	11:59:15 a. m.	S. Picanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:24:00 a. m.
	1,702.0	6,174.0			E. Paiporta		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Paiporta			12:01:00 p. m.	12:01:40 p. m.	S. Paiporta		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:26:00 a. m.
	1,260.0	7,434.0			E. Valencia Sud		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
València Sud			12:03:00 p. m.	12:03:40 p. m.	S. Valencia Sud		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:28:00 a. m.
	1,236.0	8,670.0			E. Sant Isidre		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Sant Isidre			12:05:08 p. m.	12:05:41 p. m.	S. Sant Isidre		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:30:08 a. m.
	600.0	9,270.0			E. Safranar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	

Safranar			12:06:25 p. m.	12:07:04 p. m.	S. Safranar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:31:25 a. m.
	690.0	9,960.0			E. Patraix		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Patraix			12:07:54 p. m.	12:08:22 p. m.	S. Patraix		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:32:54 a. m.
	642.0	10,602.0			E. Jesus		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Jesús			12:09:40 p. m.	12:09:59 p. m.	S. Jesus		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:34:40 a. m.
	797.0	11,399.0			E. Pl Espanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Pl. Espanya			12:11:54 p. m.	12:12:16 p. m.	S. Pl Espanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:36:54 a. m.
	481.0	11,880.0			E. A Guimera		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Á. Guimerà			12:13:25 p. m.	12:13:38 p. m.	S. A Guimera		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:38:25 a. m.
	1,016.0	12,896.0			E. Turia		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Túria			12:15:19 p. m.	12:15:53 p. m.	S. Turia		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:40:19 a. m.
	700.0	13,596.0			E. Campanar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Campanar			12:16:46 p. m.	12:17:21 p. m.	S. Campanar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:41:46 a. m.
	949.0	14,545.0			E. Beniferri		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Beniferri			12:18:25 p. m.	12:19:06 p. m.	S. Beniferri		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:43:25 a. m.
	1,081.0	15,626.0			E. Empalme		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Empalme			12:20:24 p. m.	12:21:06 p. m.	S. Empalme		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:45:24 a. m.
	993.0	16,619.0			E. Cantereria		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Cantereria			12:22:24 p. m.	12:23:06 p. m.	S. Cantereria	39 30 9.22 - 0 -24 -39.42	JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:47:24 a. m.
	640.0	17,259.0			E. Benimamet		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Benimàmet			12:24:24 p. m.	12:24:43 p. m.	S. Benimamet		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:49:24 a. m.
	655.0	17,914.0			E. Les Carolines		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	

Les Carolines-Fira			12:25:24 p. m.	12:26:08 p. m.	S. Les Carolines		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:50:24 a. m.
	1,107.0	19,021.0			E. Campament		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Campament			12:27:24 p. m.	12:28:07 p. m.	S. Campament	39 29 44.44 - 0 -26 -5.39	JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:52:24 a. m.
	630.0	19,651.0			E. Paterna		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Paterna			12:29:24 p. m.	12:30:01 p. m.			JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	6:54:24 a. m.
							JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	

<b>Fecha</b>	27/12/2019		<b>Hoja</b>	4			
<b>Hora de inicio de Toma</b>	Maleta: _____		Inclinómetro: _____				
<b>Ubicación GPS</b>	Latitud: _____		Longitud: _____				
<b>UT</b>	0						
<b>Grabación del Cesis en Cabina</b>	M1	M2	<b>Grabación Inclinómetro</b> _____				
<b>Sentido:</b>	Ascendente	Descendente	<b>Grabación Maleta</b> _____				
<b>Modo de conducción</b>	Manual	ATO					
<b>Ubicación de los equipos</b>	Punta	Cola					

2052	Distancia (m)	Distancia Acumulada (m)	Hora Teórica	Hora Real	Estación	Observación	Maquinista	Fecha de Ingreso	Años de experiencia	Días laborados desde el ultimo descanso	Horas desde el inicio del turno

Paterna			12:58:00 p. m.	12:59:00 p. m.	S. Paterna	39 29 55.98 - 0 -26 -32.30	JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:23:00 a. m.
	630.0	630.0			E. Campament		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Campament			1:00:00 p. m.	1:00:40 p. m.	S. Campament		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:25:00 a. m.
	1,107.0	1,737.0			E. Les Carolines		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Les Carolines- Fira			1:02:00 p. m.	1:02:57 p. m.	S. Les Carolines		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:27:00 a. m.
	655.0	2,392.0			E. Benimamet		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Benimàmet			1:03:00 p. m.	1:04:17 p. m.	S. Benimamet		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:28:00 a. m.
	640.0	3,032.0			E. Cantereria		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Cantereria			1:05:00 p. m.	1:05:45 p. m.	S. Cantereria		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:30:00 a. m.
	993.0	4,025.0			E. Empalme		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Empalme			1:07:00 p. m.	1:07:44 p. m.	S. Empalme		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:32:00 a. m.
	1,081.0	5,106.0			E. Beniferri		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Beniferri			1:09:01 p. m.	1:09:40 p. m.	S. Beniferri		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:34:01 a. m.
	949.0	6,055.0			E. Campanar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Campanar			1:10:44 p. m.	1:11:20 p. m.	S. Campanar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:35:44 a. m.
	700.0	6,755.0			E. Turia		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Túria			1:12:08 p. m.	1:13:00 p. m.	S. Turia		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:37:08 a. m.
	1,016.0	7,771.0			E. A Guimera		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Á. Guimerà			1:14:11 p. m.	1:15:04 p. m.	S. A Guimera		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:39:11 a. m.
	481.0	8,252.0			E. Pl Espanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Pl. Espanya			1:15:36 p. m.	1:17:01 p. m.	S. Pl Espanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:40:36 a. m.
	797.0	9,049.0			E. Jesus		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	

Jesús			1:17:42 p. m.	1:19:12 p. m.	S. Jesus		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:42:42 a. m.
	642.0	9,691.0			E. Patraix		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Patraix			1:19:21 p. m.	1:20:45 p. m.	S. Patraix		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:44:21 a. m.
	690.0	10,381.0			E. Safranar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Safranar			1:20:44 p. m.	1:22:22 p. m.	S. Safranar		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:45:44 a. m.
	600.0	10,981.0			E. Sant Isidre		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Sant Isidre			1:22:01 p. m.	1:23:42 p. m.	S. Sant Isidre		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:47:01 a. m.
	1,236.0	12,217.0			E. Valencia Sud		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
València Sud			1:23:59 p. m.	1:25:38 p. m.	S. Valencia Sud		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:48:59 a. m.
	1,260.0	13,477.0			E. Paiporta		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Paiporta			1:25:59 p. m.	1:27:34 p. m.	S. Paiporta		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:50:59 a. m.
	1,702.0	15,179.0			E. Picanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Picanya			1:27:59 p. m.	1:29:49 p. m.	S. Picanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:52:59 a. m.
	2,165.0	17,344.0			E. Torrent		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Torrent			1:31:59 p. m.	1:32:42 p. m.	S. Torrent		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	7:56:59 a. m.
	2,307.0	19,651.0			E. Torrent Avinguda		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Torrent Avinguda			1:35:59 p. m.	1:37:00 p. m.			JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	8:00:59 a. m.

<b>Fecha</b>	27/12/2019		<b>Hoja</b>	5			
<b>Hora de inicio de Toma</b>	Maleta:		Inclinómetro:				
<b>Ubicación GPS</b>	Latitud:		Longitud:				
<b>UT</b>	0						
<b>Grabación del Cesis en Cabina</b>	M1	M2	<b>Grabación Inclinómetro</b>				
<b>Sentido:</b>	Ascendente	Descendente	<b>Grabación Maleta</b>				
<b>Modo de conducción</b>	Manual	ATO					
<b>Ubicación de los equipos</b>	Punta	Cola					

2057	Distancia (m)	Distancia Acumulada (m)	Hora Teórica	Hora Real	Estación	Observación	Maquinista	Fecha de Ingreso	Años de experiencia	Días laborados desde el ultimo descanso	Horas desde el inicio del turno
Torrent Avinguda			1:52:00 p. m.	1:52:59 p. m.	S. Torrent Avinguda		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	8:17:00 a. m.
	2,307.0	2,307.0			E. Torrent		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Torrent			1:56:00 p. m.	1:56:29 p. m.	S. Torrent		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	8:21:00 a. m.
	2,165.0	4,472.0			E. Picanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Picanya			1:59:00 p. m.	1:59:20 p. m.	S. Picanya		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	8:24:00 a. m.
	1,702.0	6,174.0			E. Paiporta		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
Paiporta			2:01:00 p. m.	2:01:28 p. m.	S. Paiporta		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	8:26:00 a. m.
	1,260.0	7,434.0			E. Valencia Sud		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	
València Sud			2:03:00 p. m.	2:03:20 p. m.	S. Valencia Sud		JAIME LINARES	06/04/2018	2.58	1	8:28:00 a. m.
	1,236.0	8,670.0			E. Sant Isidre		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	

Sant Isidre			2:05:08 p. m.	2:05:41 p. m.	S. Sant Isidre		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:02:08 a. m.
	600.0	9,270.0			E. Safranar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Safranar			2:06:25 p. m.	2:07:04 p. m.	S. Safranar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:03:25 a. m.
	690.0	9,960.0			E. Patraix		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Patraix			2:07:54 p. m.	2:08:30 p. m.	S. Patraix		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:04:54 a. m.
	642.0	10,602.0			E. Jesus		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Jesús			2:09:40 p. m.	2:10:11 p. m.	S. Jesus		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:06:40 a. m.
	797.0	11,399.0			E. Pl Espanya		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Pl. Espanya			2:11:54 p. m.	2:12:26 p. m.	S. Pl Espanya		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:08:54 a. m.
	481.0	11,880.0			E. A Guimera		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Á. Guimerà			2:13:25 p. m.	2:14:01 p. m.	S. A Guimera		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:10:25 a. m.
	1,016.0	12,896.0			E. Turia		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Túria			2:15:19 p. m.	2:16:32 p. m.	S. Turia		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:12:19 a. m.
	700.0	13,596.0			E. Campanar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Camapanar			2:16:46 p. m.	2:18:12 p. m.	S. Campanar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:13:46 a. m.
	949.0	14,545.0			E. Beniferri		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Beniferri			2:18:25 p. m.	2:19:56 p. m.	S. Beniferri		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:15:25 a. m.
	1,081.0	15,626.0			E. Empalme		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Empalme			2:20:24 p. m.	2:21:50 p. m.	S. Empalme		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:17:24 a. m.
	993.0	16,619.0			E. Cantereria		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Cantereria			2:22:24 p. m.	2:23:39 p. m.	S. Cantereria		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:19:24 a. m.
	640.0	17,259.0			E. Benimamet		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	

Benimàmet			2:24:24 p. m.	2:25:15 p. m.	S. Benimamet	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:21:24 a. m.
	655.0	17,914.0			E. Les Carolines	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Les Carolines- Fira			2:25:24 p. m.	2:26:39 p. m.	S. Les Carolines	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:22:24 a. m.
	1,107.0	19,021.0			E. Campament	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Campament			2:27:24 p. m.	2:28:33 p. m.	S. Campament	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:24:24 a. m.
	630.0	19,651.0			E. Paterna	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Paterna			2:29:24 p. m.	2:30:22 p. m.		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:26:24 a. m.

<b>Fecha</b>	27/12/2019		<b>Hoja</b>	6			
<b>Hora de inicio de Toma</b>	Maleta: _____		Inclinómetro: _____				
<b>Ubicación GPS</b>	Latitud: _____		Longitud: _____				
<b>UT</b>	0						
<b>Grabación del Cesis en Cabina</b>	M1	M2	<b>Grabación Inclinómetro</b> _____				
<b>Sentido:</b>	Ascendente	Descendente	<b>Grabación Maleta</b> _____				
<b>Modo de conducción</b>	Manual	ATO					
<b>Ubicación de los equipos</b>	Punta	Cola					

2218	Distancia (m)	Distancia Acumulada(m)	Hora Teórica	Hora Real	Estación	Observación	Maquinista	Fecha de Ingreso	Años de experiencia	Días laborados desde el	Horas desde el inicio del turno
------	---------------	------------------------	--------------	-----------	----------	-------------	------------	------------------	---------------------	-------------------------	---------------------------------

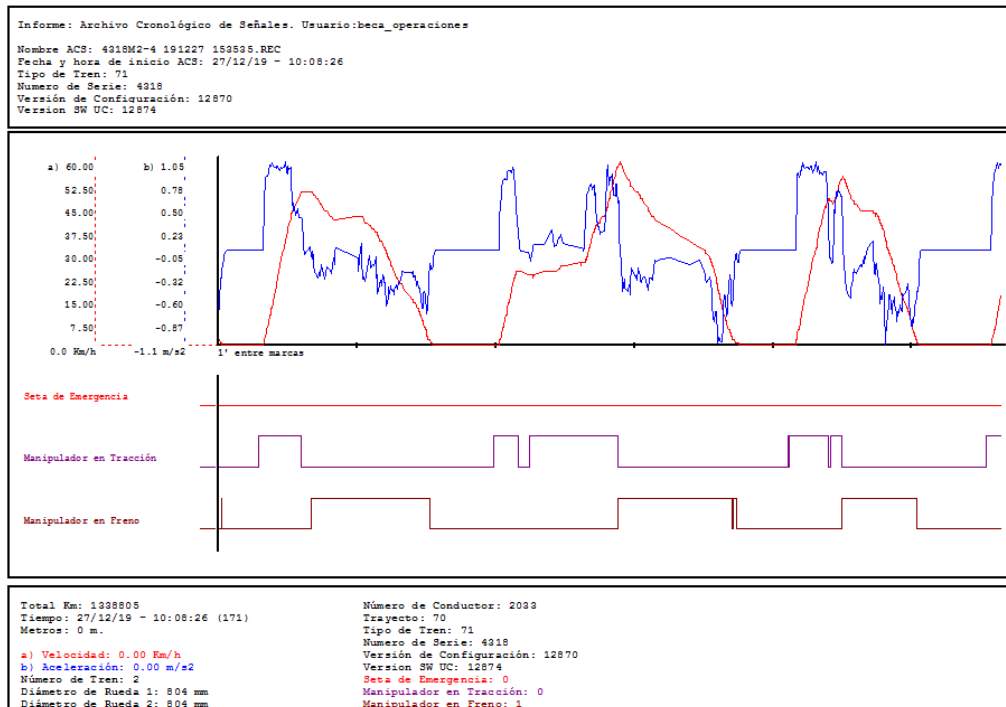


										ultimo descanso	
Paterna			2:30:00 p. m.	2:34:36 p. m.	S. Paterna		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:27:00 a. m.
	630.0	630.0			E. Campament		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Campament			2:32:00 p. m.	2:35:35 p. m.	S. Campament		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:29:00 a. m.
	1,107.0	1,737.0			E. Les Carolines		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Les Carolines- Fira			2:34:00 p. m.	2:37:03 p. m.	S. Les Carolines		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:31:00 a. m.
	655.0	2,392.0			E. Benimamet		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Benimàmet			2:35:00 p. m.	2:39:00 p. m.	S. Benimamet		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:32:00 a. m.
	640.0	3,032.0			E. Cantereria		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Cantereria			2:37:00 p. m.	2:40:28 p. m.	S. Cantereria		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:34:00 a. m.
	993.0	4,025.0			E. Empalme		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Empalme			2:39:00 p. m.	2:42:15 p. m.	S. Empalme	ATO	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:36:00 a. m.
	1,081.0	5,106.0			E. Beniferri		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Beniferri			2:41:01 p. m.	2:44:07 p. m.	S. Beniferri		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:38:01 a. m.
	949.0	6,055.0			E. Campanar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Camapanar			2:42:44 p. m.	2:45:46 p. m.	S. Campanar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:39:44 a. m.
	700.0	6,755.0			E. Turia		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Túria			2:44:08 p. m.	2:47:23 p. m.	S. Turia		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:41:08 a. m.
	1,016.0	7,771.0			E. A Guimera		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Á. Guimerà			2:46:11 p. m.	2:49:22 p. m.	S. A Guimera		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:43:11 a. m.
	481.0	8,252.0			E. Pl Espanya		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	

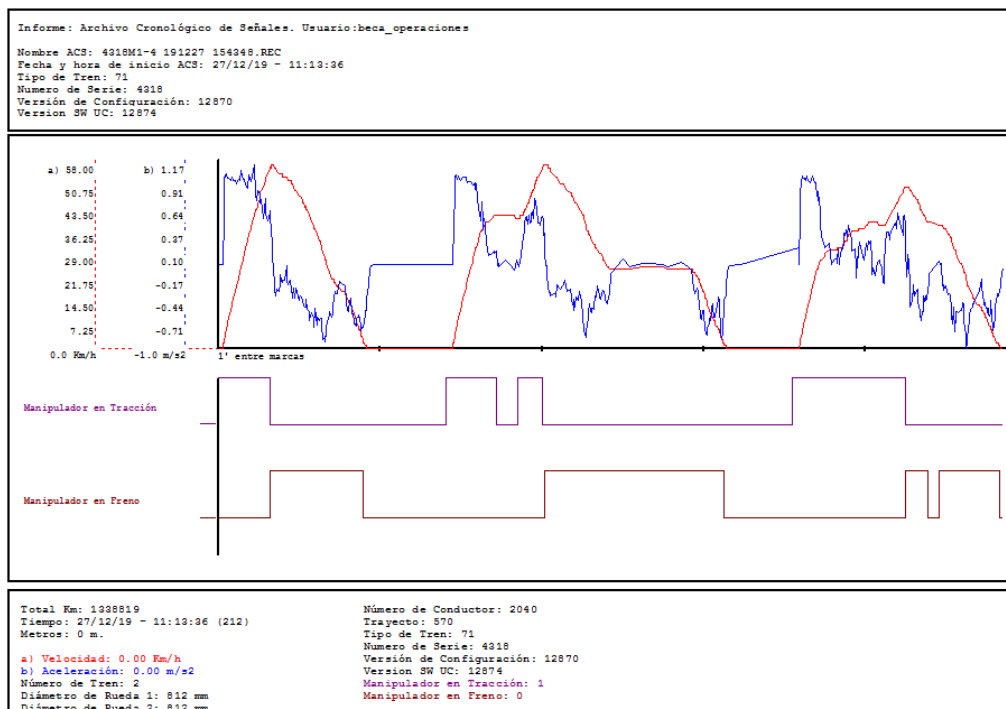
Pl. Espanya			2:47:36 p. m.	2:50:56 p. m.	S. Pl Espanya		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:44:36 a. m.
	797.0	9,049.0			E. Jesus		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Jesús			2:49:42 p. m.	2:52:55 p. m.	S. Jesus		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:46:42 a. m.
	642.0	9,691.0			E. Patraix		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Patraix			2:51:21 p. m.	2:54:32 p. m.	S. Patraix		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:48:21 a. m.
	690.0	10,381.0			E. Safranar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Safranar			2:52:44 p. m.	2:55:59 p. m.	S. Safranar		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:49:44 a. m.
	600.0	10,981.0			E. Sant Isidre		MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	
Sant Isidre			2:54:01 p. m.	2:57:18 p. m.	S. Sant Isidre	ATO	MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO	01/06/2000	20.44	0	12:51:01 a. m.
					<i>Parada Cambio Modo M+30</i>		<i>MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO</i>	<i>01/06/2000</i>	<i>20.44</i>	<i>0</i>	
<i>Parada Cambio de Modo M+30</i>				2:59:15 p. m.	<i>Inicio de Marcha M+30</i>		<i>MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO</i>	<i>01/06/2000</i>	<i>20.44</i>	<i>0</i>	
					E. Valencia Sud		<i>MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO</i>	<i>01/06/2000</i>	<i>20.44</i>	<i>0</i>	
Valencia Sud	1,236.0	12,217.0	2:55:59 p. m.	3:00:46 p. m.			<i>MARÍA ISABEL ORTIZ MORENO</i>	<i>01/06/2000</i>	<i>20.44</i>	<i>0</i>	12:52:59 a. m.

Tabla 10. Formato diligenciado de toma de datos

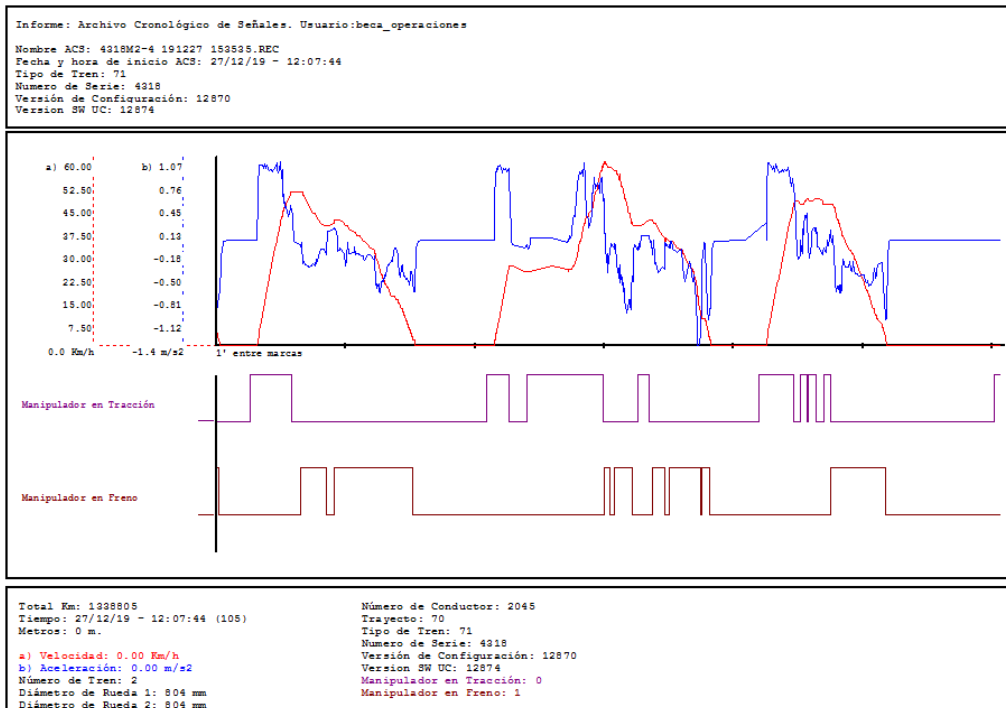
## 10.2 Lecturas de Velocidad y Tracción de Caja Negra



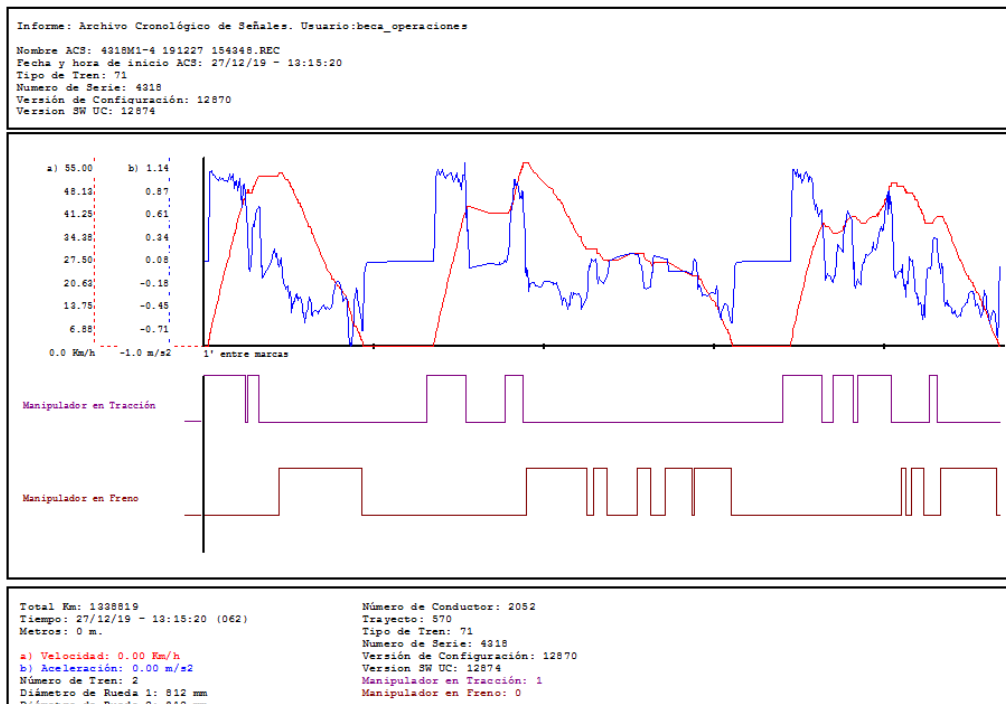
Gráfica 74. Lectura Caja Negra P-AG, Maq. 1 (Velocidad y Tracción)



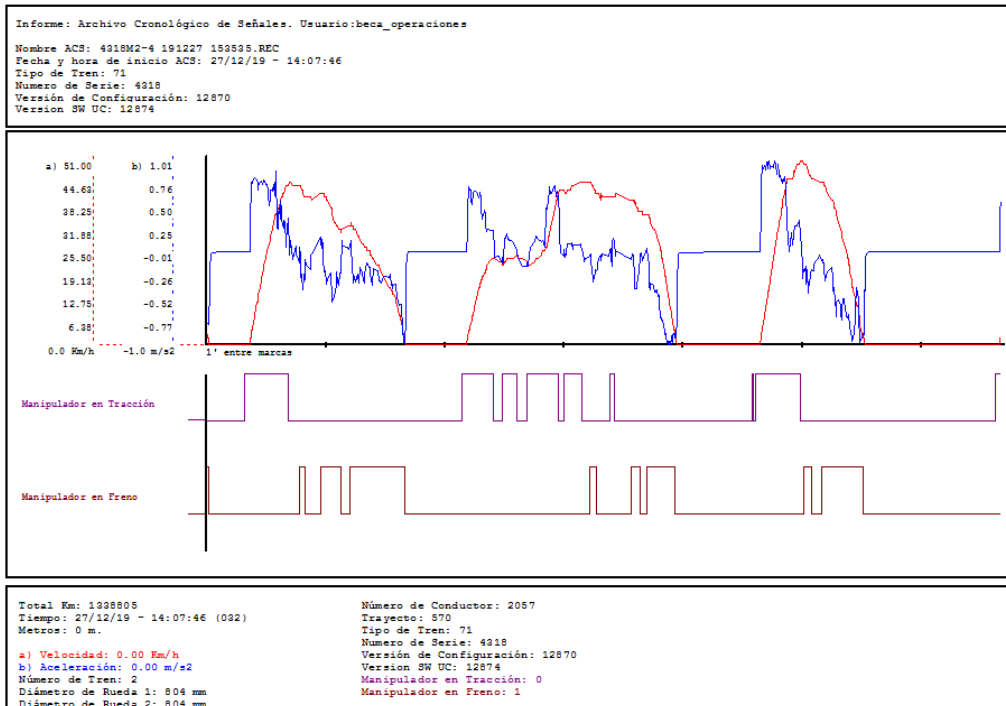
Lectura Caja Negra AG-P, Maq. 1 (Velocidad y Tracción)



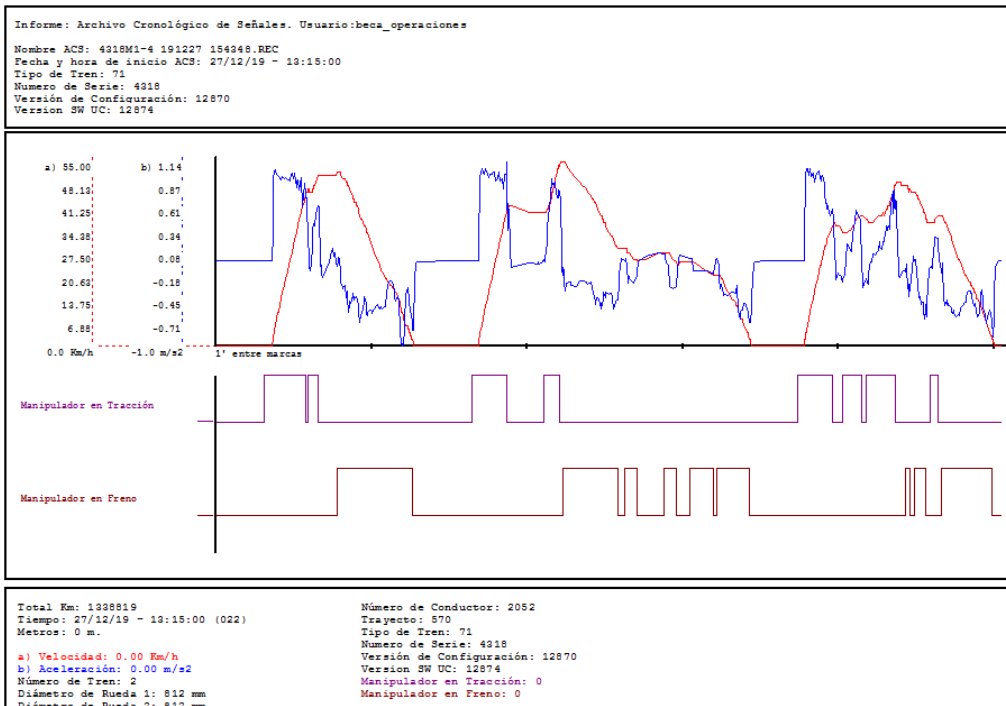
Gráfica 75. Lectura Caja Negra P-AG, Maq. 2 (Velocidad y Tracción)



Gráfica 76. Lectura Caja Negra AG-P, Maq. 2 (Velocidad y Tracción)



Gráfica 77. Lectura Caja Negra P-AG, Maq. 3 (Velocidad y Tracción)



Gráfica 78. Lectura Caja Negra AG-P, Maq. 3 (Velocidad y Tracción)