

# UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

**Profesor Patrocinante:** Alexander Opazo V.

**Profesores Comisión:** Gilda Espinoza V.  
Cristian Belmar G.

## **Análisis de las vibraciones inducidas por las personas en un sistema de losa innovativo.**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Alex Eduardo Sagredo Aguilera**

CONCEPCIÓN, 2013

“Dedico mis logros a quienes  
siempre lo dan todo  
por mí y mis hermanos,  
mis padres,  
Aurora y Emilio,  
gracias.”

## NOMENCLATURA.

BS	British Standards.
EPS	Espuma de Poliestireno Expandido.
g	Aceleración de gravedad.
Hz	Hertz.
SCI	The steel construction institute.
ISO	Organization for standardization.
$a_w(t)$	Aceleración ponderada en el dominio del tiempo.
Ec	Ecuación.
T	Periodo.
RMS	Valor cuadrático medio.
RMSm	Valor cuadrático medio para un segundo.
t	Tiempo.
W	Factor de Ponderación definido ISO 2631-1.
Vmax	Velocidad máxima.
FFT	Transformada rápida de Fourier.

## Índice General

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Identificación y Justificación del Problema. ....	2
1.2. Alcances de la Investigación.....	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General.</i> ....	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos.</i> .....	3
1.4. Metodología de Trabajo.....	3
1.5. Organización de la Memoria.....	4
2. VIBRACIONES VERTICALES DE LOSAS.....	4
2.1 Carga inducida. ....	4
2.2 Respuesta de la losa. ....	6
3. MATERIALIDAD DE LAS LOSAS ESTUDIADAS.....	6
4. CRITERIOS DE SERVICIABILIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.....	8
4.1 Límites propuestos por la norma BS 6472-1 (1992), ISO 2631-2 (1989).....	11
4.2 Criterio Formulado por Toratti y Talja. ....	12
5. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA DE LA TOMA DE DATOS.....	13
5.1 Test de Heel Drop. ....	14
5.2 Registro de aceleración.....	16
5.3 Procesamiento de los datos. ....	17
6. RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	23
6.1 Resultados test de heel drop.....	23
6.2 Resultados aceleraciones por caminatas. ....	24
7. Conclusiones y comentarios.....	29
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS.....	33
ANEXO A: Gráficos de acelerogramas de test de heel drop. ....	34
ANEXO B: Gráficos de acelerogramas de caminatas.....	39
ANEXO C: Tablas de Serviabilidad.....	120
ANEXO D: Ponderador W definido en la norma ISO 2631-1.....	124
ANEXO E: Estudio de la frecuencia de caminar de las personas. ....	126
ANEXO F: Gráficos velocidad RMS móvil promedio por casa. ....	130
ANEXO G: Gráficos de Comparación por intento, por cada frecuencia. ....	138



## **Análisis de las vibraciones inducidas por las personas en un sistema de losa innovativo.**

**Autor: Alex Sagredo Aguilera**

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo Electrónico: [asagredo@alumnos.ubiobio.cl](mailto:asagredo@alumnos.ubiobio.cl)

**Profesor Patrocinante: Alexander Opazo Vega.**

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo Electrónico: [aopazove@ubiobio.cl](mailto:aopazove@ubiobio.cl)

### **RESUMEN**

En esta investigación, se aborda el tema de las vibraciones verticales inducidas por el caminar de las personas en losas de un material innovativo como son las losas de espuma de poliestireno expandido (EPS). Si bien las vibraciones en losas de este tipo por ningún motivo causan el colapso de la estructura, son muy importantes para la serviciabilidad de éstas. Estudios han demostrado que las vibraciones afectan a las personas de diferentes maneras, perjudicando su grado de confort. Es por esto que se hace necesario implementar un método válido para la medición de las vibraciones verticales de estas losas y poder así determinar el nivel de servicio entregado por el material innovativo, es por ello que se presentara una forma de medir estas vibraciones y también criterios de evaluación presentes en la Norma BS 6472-1 (1992) y según Toratti y Talja (2006).

Las losas estudiadas pertenecen a un proyecto inmobiliario innovador de Concepción, donde se registraron aceleraciones de 20 casas de un modelo específico y se evalúa su nivel de servicio según el criterio de Toratti y Talja (2006).

Con esto, se pretende verificar la calidad del material innovativo en cuanto a la capacidad de las losas de disipar la energía entregada por los pasos al caminar, además de validar el método de medición.

**Palabras Claves:** Vibración, Serviabilidad, Losa.

6462 Palabras Texto + 26 Figuras/tablas = 12962 Palabras Totales.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Identificación y Justificación del Problema.**

En el diseño de las estructuras existen muchos requisitos que cumplir, siendo la capacidad de resistencia y la serviciabilidad requisitos importantes. Si bien en algunos casos las vibraciones pueden producir colapso total o parcial de alguna estructura, no es lo usual, y cae dentro de la categoría de problema de serviciabilidad, que corresponde a una característica de la estructura de comportarse de manera normal, en cuanto a su estética, sus deformaciones, y en nuestro caso, el malestar producido por las vibraciones. Las vibraciones son un problema de carácter muy importante dentro de algún tipo de instalación como lo son laboratorios, hospitales, bibliotecas y en cualquier estructura donde estas provocan problemas o son molestas. Las vibraciones en losas son producidas por variados mecanismos, siendo las actividades de las personas las más importantes dentro de una vivienda, caminar, saltar o bailar son todos movimientos que transmiten una carga a la losa con distinto contenido de frecuencia y que afectan de distinta manera a la losa (Glivosic 2010).

La magnitud y el tipo de vibraciones inducidas en las losas por los pasos de un caminante son controladas principalmente por las características dinámicas de la losa como lo son la rigidez, la masa, y la amortiguación, que es la capacidad de la losa de disipar energía (Hu, 2005). Las actividades que realiza una persona dentro de un hogar son variadas, pero el problema que se enfrentará en el desarrollo de esta investigación serán las vibraciones inducidas por el caminar de las personas.

En Chile no existen parámetros de diseño que ayuden a restringir las vibraciones verticales en losas, solucionar este problema una vez construida es muy poco factible y a veces económicamente inviable. Para mitigar las vibraciones se debe aumentar la rigidez o disminuir la masa, y aunque esto fuera posible existen en la mayoría de los casos problemas de limitaciones espaciales o arquitectónicos que lo impiden (Saidi, 2007). Por lo tanto, se hace necesario conocer acerca del tema y tener los datos necesarios para poder hacer un diseño acorde a la necesidad de los usuarios (SCI, 2009).

## **1.2. Alcances de la Investigación.**

En esta investigación se realizan mediciones in situ de vibraciones producidas por el caminar de las personas en losas de espuma de Poliestireno Expandido (EPS) de viviendas ubicadas en Valle Noble, Concepción, estas mediciones se categorizan mediante algún criterio de serviciabilidad que nos permita tomar decisiones frente a este material innovativo y su sistema constructivo.

## **1.3. Objetivos de la Investigación.**

### *1.3.1. Objetivo General.*

- Analizar el comportamiento de los paneles de espuma de Poliestireno Expandido (EPS) utilizados en losas, frente a la vibración que provocan las personas al caminar.

### *1.3.2. Objetivos Específicos.*

- Implementar un método de medición de vibraciones para losas EPS en terreno.
- Realizar mediciones de vibraciones en losas de EPS generando una base de datos de un modelo de losa en particular.
- Evaluar el comportamiento de losas de EPS usadas en viviendas con criterios de serviciabilidad.

## **1.4. Metodología de Trabajo.**

En primer lugar se realizó una revisión bibliográfica en la que se recopila información, de cómo se transmite la carga de las personas al caminar a la losa de una vivienda, de los parámetros fundamentales que rigen el fenómeno físico y de los criterios de aceptabilidad que existen para poder catalogar el desempeño de las losas estudiadas. Junto con esto se realizó un estudio de la frecuencia de caminar de las personas para poder implementar una metodología de medición que abarque las distintas variables dentro del estudio.

Las mediciones en terreno consisten en registrar la aceleración que provocan las personas al caminar a distintas frecuencias en una losa de EPS, mediante el uso de un acelerómetro. Se realizó además de un test de heel drop para determinar la frecuencia fundamental de la losa.

Con la anterior se creó una base de datos de 20 casas, todos con la losa de la misma materialidad. Posterior a eso se analizan las señales de aceleración y se categorizó su desempeño mediante el criterio de serviciabilidad expuesto por Toratti y Talja (2006).

### **1.5. Organización de la Memoria.**

En el capítulo siguiente se muestran el tipo de carga inducida a la losa, junto con los antecedentes bibliográficos de la respuesta de la losa frente a las vibraciones provocadas por las personas al caminar. En el capítulo tres se expone en detalle la materialidad de la losa estudiada, haciendo énfasis en sus características innovativas frente a otros materiales tradicionales, para luego en el capítulo cuatro mostrar algunos criterios de serviciabilidad expuesto por algunos autores para poder categorizar las losas estudiadas. En el capítulo cinco se muestra la metodología de la toma de datos así como también un ejemplo de cómo se procesaron éstos, para después en el capítulo seis mostrar los resultados del estudio y poder sacar algunas conclusiones en el capítulo 7.

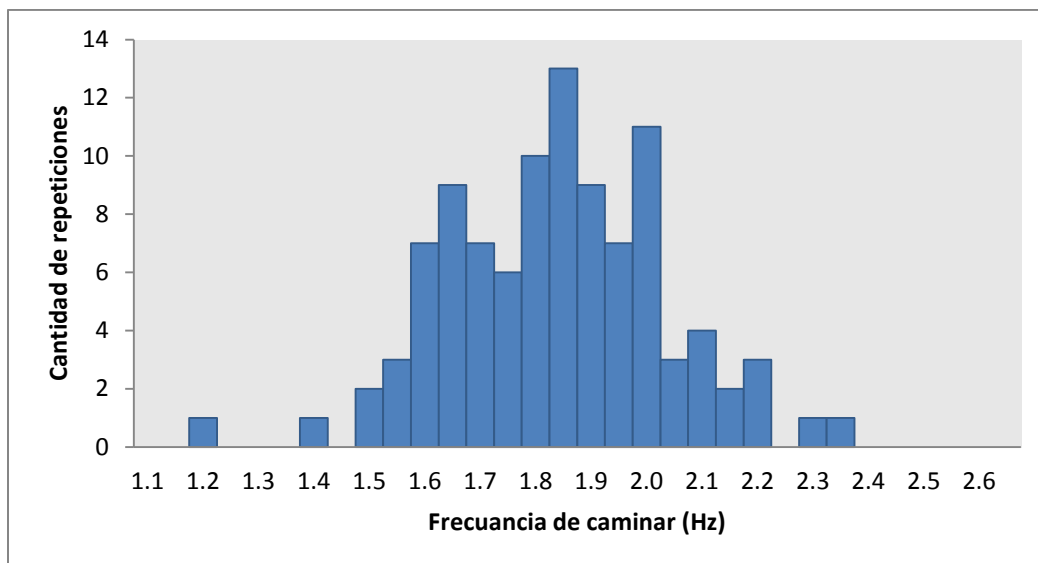
## **2. VIBRACIONES VERTICALES DE LOSAS.**

Las cargas verticales inducidas a las losas provocan vibraciones, estas cargas pueden ser de distinta naturaleza y dependiendo de éstas, provocar distintos niveles de percepción humana. A continuación se presentan los parámetros fundamentales que rigen este comportamiento por el lado de la respuesta de la losa y por el tipo de carga inducida, en este caso, por el caminar de las personas.

### **2.1 Carga inducida.**

El tipo de carga inducida a las losas es producida por el caminar de las personas, el solo hecho de dar pasos provoca un movimiento vertical del centro de masas del individuo de unos 5 cm que provocan una aceleración vertical sobre la losa en cada paso dado. Las caminatas por naturaleza propia varían en frecuencia, la frecuencia es definida como la cantidad de pasos por segundo (Hz), para determinar la frecuencia media de caminar de las personas se realizó una medición de frecuencias de 100 personas de diferentes

características (sexo, edad, peso, etc.) esta consistió en la grabación de un video que posteriormente analizó cada individuo de manera independiente, contando sus pasos y el tiempo que tardaban. En el anexo E se muestra la tabla con los datos medidos, en la figura 1 se muestra la distribución de esta medición.



**Figura 1. Histograma de frecuencias de caminar.**

Como se aprecia en la gráfica, la frecuencia de caminar se distribuye de manera normal, por lo que sus parámetros de media y desviación estándar son válidos. En este caso la media es de 1.8 Hz con una desviación estándar de 0.196. Algunos autores proponen valores de frecuencias de caminatas de las personas, mostrado en la tabla 1, con estos datos se pretende implementar una metodología de medición válida para la investigación.

**Tabla 1. Frecuencias de pasos en diferentes actividades (SCI, 2009).**

Actividad	Frecuencia de pasos (Hz)
Caminar despacio	1.7
Caminar normal	2.0
Caminar rápido	2.3
Correr lento	2.5
Correr rápido	>3.2

## **2.2 Respuesta de la losa.**

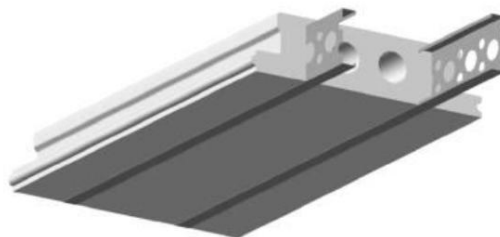
Las personas al caminar inducen una aceleración vertical sobre la losa lo que se traduce en un pequeño desplazamiento en la mayoría de los casos imperceptibles, medidos ya no solo en milímetros si no que a veces en micrómetros (CSI, 2009). La respuesta de la losa va a estar en función de sus parámetros dinámicos como lo son la amortiguación y su frecuencia natural, otro factor importante es la amortiguación, que de ella depende el tiempo de vibración libre con la que continua la losa (Cossolino, 2010), éstas son propiedades de cada losa en particular y tienen relación con la masa y la rigidez con la que fue construida la losa (Arcelormittar, 2008). Basándonos en la frecuencia natural las losas se clasifican en dos grandes categorías, las losas de alta frecuencia y las losas de baja frecuencia, teniendo el valor de 9 Hz como el límite entre una y otra según Toratti y Talja (2006).

En el caso específico de este estudio, al ser una losa de una materialidad innovativo como lo es la EPS, se analizo en primer lugar la frecuencia natural para poder categorizar la losa dentro de uno de los dos rangos. En el punto 2.1 se señalan las frecuencias de caminar típicas de las personas, esto, asociado a la frecuencia natural de la losa, nos permite analizar si existen posibles problemas de resonancia en losas de baja frecuencia, o si la energía entregada por el caminante es disipada completamente entre paso y paso en losas de alta frecuencia. Estas dos categorías son importantes debido a que la naturaleza de la carga inducida cambia de ser una carga armónica en losas de baja frecuencia a una carga impulsiva en losas de alta frecuencia, en este último, no se generara superposición en la respuesta por lo que la energía se disipa (Middleton y Brownjohn, 2008).

## **3. MATERIALIDAD DE LAS LOSAS ESTUDIADAS.**

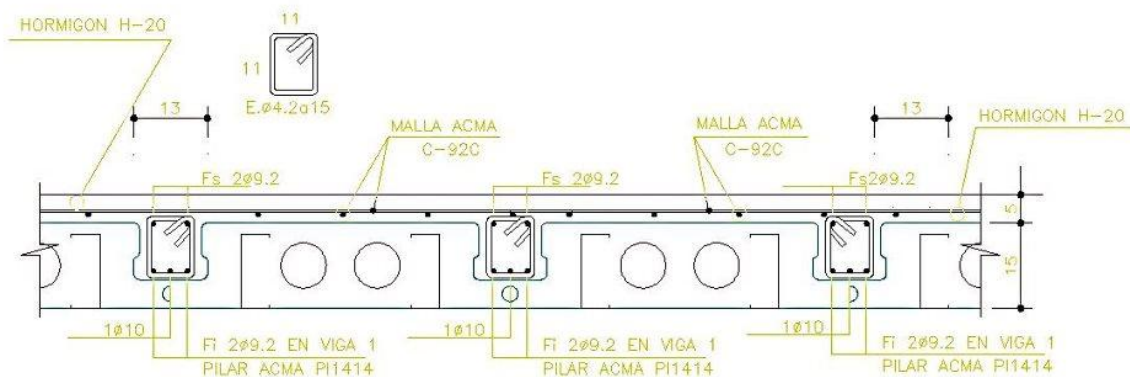
En este capítulo se muestra en detalle la materialidad de las losas de esta investigación. Los datos recopilados corresponden a vibraciones de losas de viviendas que son construidas con un material innovativo y revolucionario en Chile, las losas de espuma de poliestireno expandido EPS. Éstas losas son construidas en base a paneles de este material que sirven como un sistema de piso estructural prefabricado. El EPS es un material ligero que tiene como principal ventaja la rapidez en la construcción, debido a que armar y ensamblar este material para su posterior hormigonado se hace de manera muy rápida.

Los paneles de entepiso poseen en su interior dos perfiles “C” de acero (Figura 2), lo que le brinda una mayor rigidez al momento de soportar las cargas de uso, además, estos canales “C” sirven como soporte para la fijación de diferentes acabados como otros paneles decorativos o simplemente un estuco (Nova chemicals, 2011).



**Figura 2. Panel de entepiso (Nova chemicals, 2011).**

Cada pieza puede tener 15, 20, 25 ó 29 cm de espesor y vienen en anchos de 60 cm en su parte baja y 47 cm en su parte alta, la longitud de la pieza depende del proyecto con un largo máximo de 12 m. En el caso de este estudio las losas son de 15 cm de espesor, la figura 3 muestra en detalle como está conformado el conjunto de losa.



**Figura 3. Dimensiones del conjunto de losa (Nova chemicals, 2011).**

Estos paneles se pueden colocar sobre muros de carga de cualquier materialidad que cumplan con la función y sin la necesidad de cambiar el esquema normal de construcción. Por ser un material muy liviano es fácil de elevar a niveles superiores, posee grandes características en cuanto a aislación térmica, aislación acústica y con un proceso constructivo rápido, además es compatible con otros sistemas constructivos y se reducen

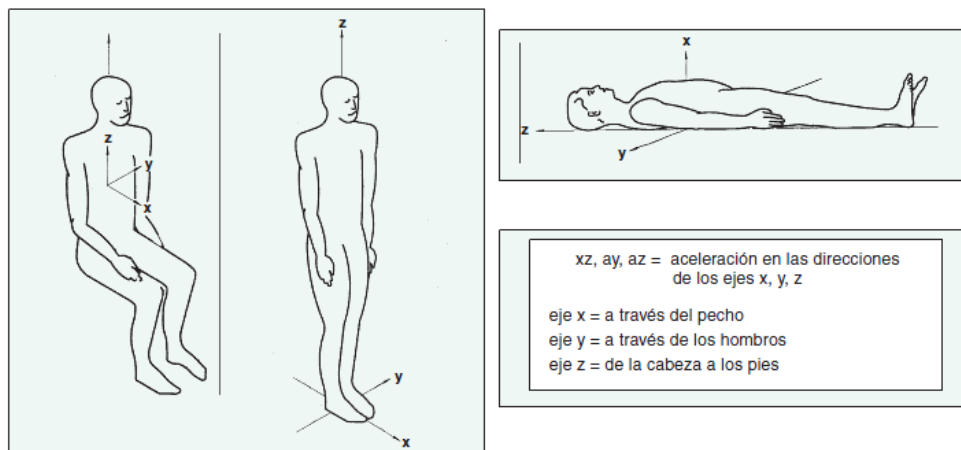
los desperdicios (Nova chemicals, 2011). Claramente este material innovativo y prefabricado mejora mucho la construcción en serie y esquematizada de una obra, pero el proveedor en ningún caso menciona la capacidad de la losa de disipar la energía provocada por las personas al caminar y el nivel de servicio que entrega en este aspecto. Por este motivo se hace necesario un estudio en terreno de las losas ya construidas, para esto se presenta una metodología en el capítulo 5.

#### **4. CRITERIOS DE SERVICIABILIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.**

Para poder analizar el comportamiento de las losas frente a las vibraciones es necesario tener parámetros que nos permitan compararlas desde el punto de vista de las percepciones humanas. Para esto se hace necesario usar algunos criterios de serviciabilidad, en este caso se usan parámetros presentados por las normas ISO 2631-1 (1997) e ISO 2631-2 (2003) para poder utilizar algunos criterios como lo son el descrito por Toratti y Talja (2006) y la norma británica BS 6472-1 (1992), esta última trata sobre la evaluación de la exposición humana a las vibraciones en edificios (1 Hz a 80 Hz).

La norma ISO 2631-1 (1997) define un método para cuantificar el nivel de vibraciones, estableciendo que la magnitud con la que se debe cuantificar es la aceleración efectiva ponderada, en  $m/s^2$ , “El cuerpo humano no es simétrico en su respuesta a las vibraciones. Por este motivo se medirán según un sistema de coordenadas (sistema basicéntrico) originado en un punto por el que las vibraciones entran en el cuerpo (Figura 4). Por ejemplo, en individuos sentados la mayor sensibilidad a las vibraciones se da: en la dirección del eje z en el intervalo de frecuencia de 3-12 Hz, en la dirección del eje x en 0.5-2 Hz, y en la dirección del eje y en 0.5-1 Hz” (ISO 2631-1, 1997).





**Figura 4. Ejes basicéntricos (ISO 2631-1, 1997).**

Para la evaluación de las vibraciones la norma utiliza el método básico usando la aceleración en valor eficaz o valor de la aceleración ponderada en frecuencia RMS, con la siguiente expresión:

$$a_w(rms) = \left( \frac{1}{T} \int_0^T a(t)^2 dt \right)^{1/2} \quad \text{Ec (1).}$$

Donde:

$a_w(t)$ : es el valor de la aceleración ponderada en frecuencia.

T: es la duración de la medida, en segundos.

Esto siempre y cuando la razón entre el peak del registro de aceleraciones y el valor RMS sea menor a nueve, en caso contrario se utiliza el valor cuadrático móvil o  $RMS_m$ , que se calcula de la misma manera. Pero este último considera peaks ocasionales dentro del registro de aceleraciones dado que toma un periodo de integración más pequeño. La ecuación que describe el valor cuadrático móvil se describe a continuación:

$$RMS_{movil} = \max [a_w(t_0)] \quad \text{Ec. (2)}$$

Dónde:

$a_w$  : corresponde a la aceleración ponderada por el factor W según ISO 2631-1, 1997.

(Factor expuesto en el anexo D)

t : tiempo en segundos.

T : periodo en segundos.

$a_w(t_0)$  Se presenta en la ecuación siguiente:

$$a_w(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [a_w(t)]^2 dt} \quad \text{Ec. (3)}$$

Para la determinación de esta ecuación la norma recomienda usar un periodo de integración ( $\tau$ ) de 1 segundo.

La norma ISO 2631-1 1997 estudia el efecto de las vibraciones sobre el confort que sienten las personas que están expuestas a estas vibraciones, como el confort es una definición compleja y depende de cada individuo es difícil categorizar el nivel de vibración que es permisible por cada persona. Lo que sí es propio del ser humano es que existen ciertos rangos de frecuencias que molestan en mayor medida a una persona, se conoce que a bajas frecuencias 1-2 Hz se provoca cierto grado de cansancio en el cuerpo, a frecuencias un poco más altas algunos órganos del cuerpo entran en resonancia y aumenta el malestar, mientras que vibraciones de muy alta frecuencia activan al individuo y provocan estrés (ISO 2631-1, 1997). Como es claro, distintas frecuencias afectan de distinta manera, por ende la norma establece un ponderador W para la aceleración, en la cual le da mayor importancia a las frecuencias que afectan en mayor medida al confort humano y atenúa aquellas frecuencias que son de menor importancia, este factor W se presenta en el anexo D. También el factor W, actúa como filtro, ponderando por valores pequeños las frecuencias que no son de interés en el estudio, frecuencias fuera del rango de la fundamental de la losa, y del contenido de frecuencias de la excitación externa.

#### 4.1 Límites propuestos por la norma BS 6472-1 (1992), ISO 2631-2 (1989).

La norma BS 6472-1(1992) al igual que la ISO 2631-2(1989) propone límites de aceptación de vibraciones, se puede apreciar en la figura 5 la curva que la norma nos presenta, cabe destacar que en esta curva es necesario entrar con la frecuencia natural de la losa, y con la aceleración RMS, las losas estudiadas como se verá en el capítulo 6, son losas de alta frecuencia de entre 20 y 30 Hz.

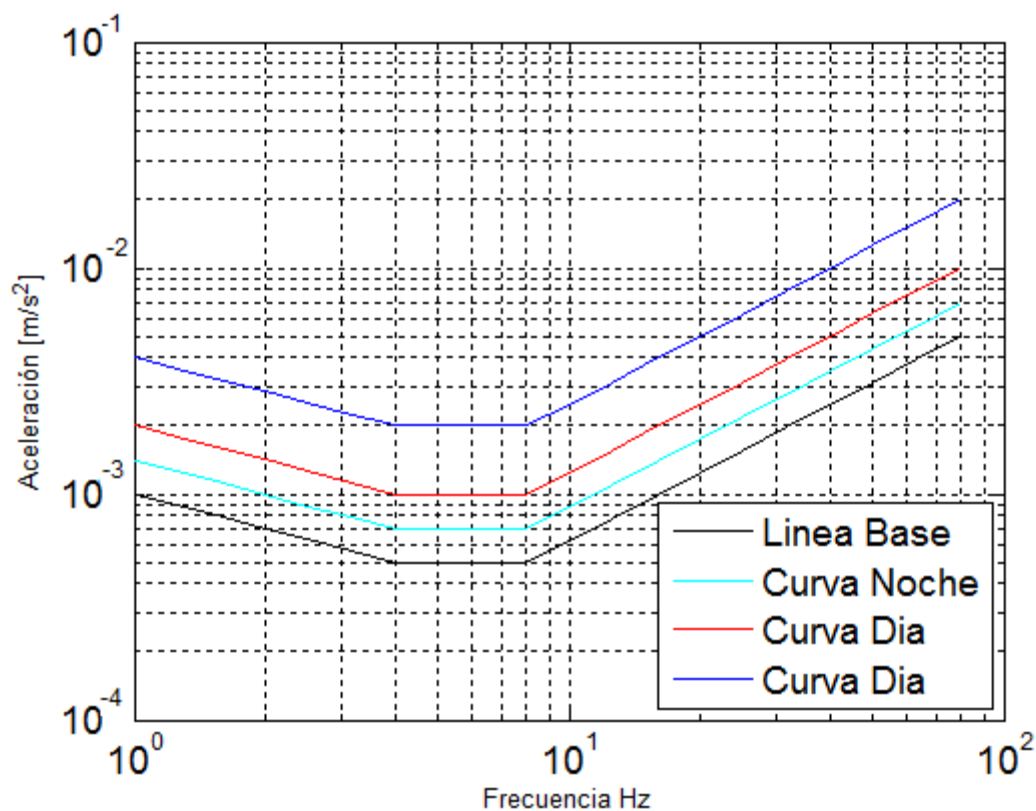


Figura 5. Curva de aceptabilidad (Adaptada BS 6472-1, 1992; ISO 2631-2, 1989).

En la curva anterior se presenta el valor de 0.01 como la curva base también se muestran tres curvas extras, basadas en los multiplicadores de la curva base descritos en la tabla 2 para ambiente residencial.

**Tabla 2. Factores Multiplicación para Aceptación de Vibraciones (BS 6472-1, 1992)**

<b>Ambiente</b>	<b>Factor Multiplicador Curva Base</b>
Áreas de Trabajo Critico	1
Residencias – Día	2-4
Noche	1.4
Oficinas.	4
Talleres – Industrias.	8

Como se menciona en capítulos anteriores esta investigación experimental tiene un campo que abarca solo ambientes residenciales, como se muestra en la tabla la curva base se multiplica en un rango variable de entre 2 y 4, para la noche la curva es claramente más exigente pudiendo multiplicar la curva base solo por 1.4, esto se debe a que en la noche los niveles de permisibilidad de aceleraciones son menores, debido a que la sensibilidad humana aumenta.

#### **4.2 Criterio Formulado por Toratti y Talja.**

Toratti y Talja (2006) presentan sus propios límites de aceptabilidad basados en sus estudios, estos límites caracterizan a las losas con una letra desde la A hasta la E siendo las losas de categoría A la de mejor desempeño y las E las que peor se comportan frente a las excitaciones de las personas al caminar. Los límites se presentan en la tabla 3 y son aplicables a cualquier tipo de construcción. Las categorías se separan por niveles, que pueden ser adaptados dependiendo del uso de la estructura analizada, un nivel de vibraciones normal en una oficina o vivienda debería cumplir con la categoría C, por otro lado si la estructura es de uso más bien casual o de entretenimiento se permiten niveles de vibraciones mayores pudiendo estar en categoría D o E. De modo contrario, en bibliotecas, laboratorios o simplemente cualquier tipo de estructura que se desee un nivel de servicio con niveles bajísimos de vibración, deberían pertenecer a la categoría A o B.

**Tabla 3. Valores Límites de Aceptación (Toratti y Talja 2006).**

Categoría	Tipo de losa		
	Baja Frecuencia	Alta Frecuencia	
	$a_{rms}$ [ $m/s^2$ ]	$v_{rms}$ [mm/s]	$v_{max}$ [mm/s]
A	$\leq 0,03$	$\leq 0,3$	$\leq 4$
B	$\leq 0,05$	$\leq 0,6$	$\leq 6$
C	$\leq 0,075$	$\leq 1$	$\leq 8$
D	$\leq 0,12$	$\leq 1,5$	$\leq 10$
E	$> 0,12$	$> 1,5$	$> 10$

Como se aprecia en la tabla anterior, Toratti y Talja hacen la diferencia de losas de alta frecuencia y losas de baja frecuencia, siendo 9 Hz el límite entre ellas, para losas de baja frecuencia el parámetro a considerar es la aceleración efectiva RMS, o RMS móvil, durante un periodo de 1 segundo, para losas de alta frecuencia el parámetro es la velocidad RMS móvil durante el mismo periodo de tiempo y la velocidad peak máxima.

## 5. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA DE LA TOMA DE DATOS.

A continuación se muestra el procedimiento que se llevó a cabo en terreno para la toma de datos y su posterior análisis para así poder determinar qué nivel de servicio presentan las losas estudiadas.

Se midieron las aceleraciones producidas por personas caminando a distintas frecuencias, con un equipo portátil de medición de aceleraciones LabPro. Este equipo consta de un acelerómetro triaxial (figura 6) que posee un rango de muestreo de aceleración de  $\pm 49 m/s^2$  ( $\pm 5g$ ), un rango de frecuencias de 1-100 Hz y una frecuencia de muestreo de mil datos por segundo. Adicional a este sensor una interfaz LabPro (figura 7) envía los datos al computador y un software del proveedor LoggerPro trabaja la señal mostrándolo, como gráfico y pudiendo exportarla como columnas tiempo-aceleración para luego poder ser procesadas mediante el software Matlab.



**Figura 6. Acelerómetro triaxial.**



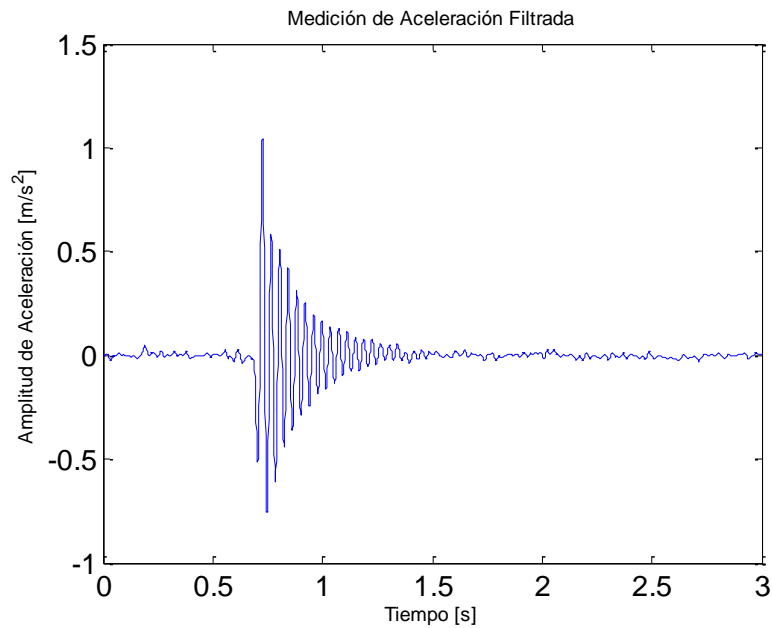
**Figura 7. Interfaz LabPro.**

La toma de datos consistió en realizar varias caminatas y registrarlas mediante el acelerómetro; estas caminatas se realizaron a distintas frecuencias. Previo a esto se realizó un Test de Heel drop, indispensable para determinar la frecuencia natural de la losa. A continuación se describe este test.

### **5.1 Test de Heel Drop.**

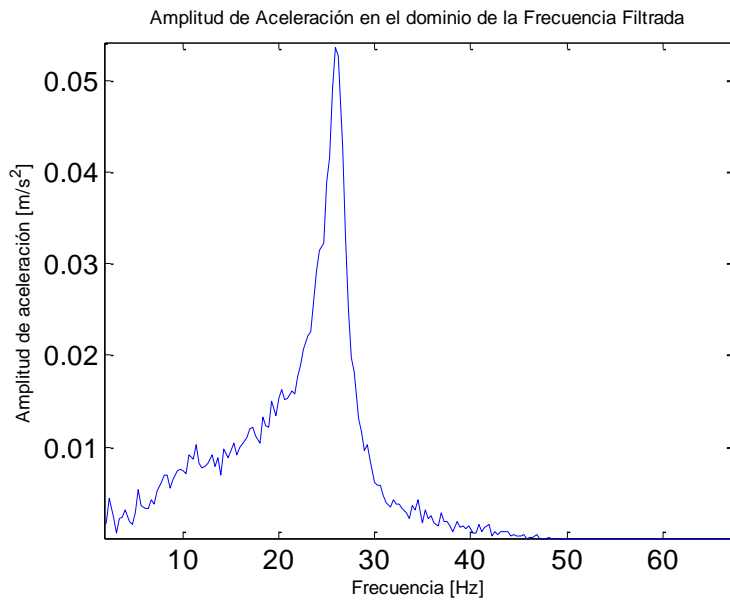
Este test, fue utilizado para obtener la frecuencia natural de vibración de las losas, para poder aplicar los criterios de serviciabilidad expuestos anteriormente. Este test consiste en que un individuo de pie y apoyados solo por las puntas deja caer sus talones de manera de poder entregar un impulso a la losa y permitirle a ésta entrar en vibración libre. La figura 8 muestra la gráfica de la señal captada por el acelerómetro al momento de realizado el heel drop. Este test es especialmente bueno en estos casos debido a que entrega una gran cantidad de energía en el rango de frecuencias de interés, esta señal pertenece a la casa número uno.

La señal bruta se pasa por un filtro de Butterworth, de pasa baja de 40 Hz, que filtra todas las frecuencias mayores a esa, este primer filtro se usó para eliminar el ruido perteneciente en la señal.



**Figura 8. Acelerograma test de heel drop.**

Luego, esta señal se transforma desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia mediante la transformada rápida de Fourier (FFT). En la figura 9 se observa la FFT de la señal anterior, en esta grafica se observa la contribución energética relativa de cada frecuencia, la frecuencia asociada al peak corresponde a la frecuencia fundamental de la losa estudiada.

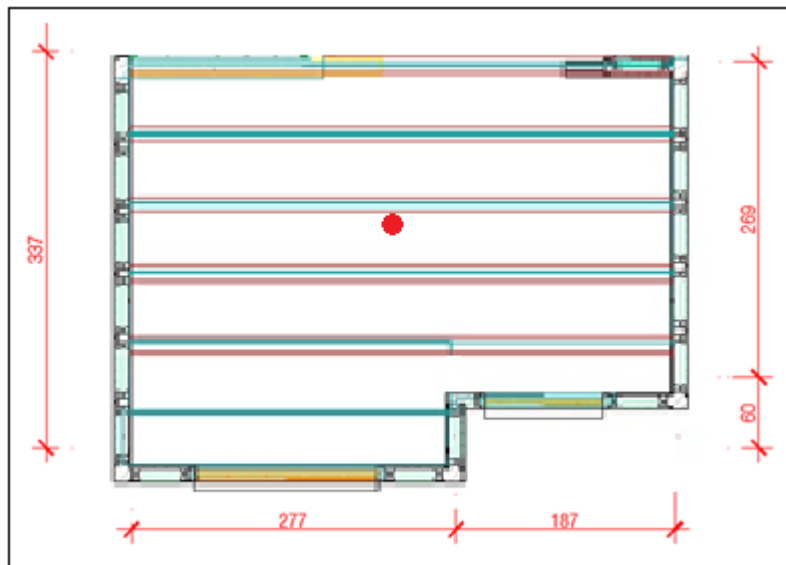


**Figura 9. FFT del heel drop primera casa.**

En este caso, la frecuencia fundamental de la losa es de 25.9 Hz.

## 5.2 Registro de aceleración.

Como se ha mencionado anteriormente la metodología de registro de aceleraciones se realizó mediante un acelerómetro ubicado en el centro de la losa, figura 10, donde es más probable encontrar desplazamientos mayores. Las caminatas fueron realizadas por 2 personas de diferentes masas, a 5 frecuencias distintas y repitiendo cada ensayo 2 veces (CSI, 2009), con esto se obtiene una cantidad de 20 acelerogramas por casa, más un test de Heel Drop por cada casa. Las frecuencias de caminatas fueron seleccionadas según el estudio mostrado en el capítulo 2.1 en donde se decidió usar como media el valor de 1.8 Hz obtenido en el estudio de las 100 personas. Como recomienda CSI 2009 se deben usar al menos 5 frecuencias distintas, por lo tanto teniendo la media, se ocuparon frecuencias de una y dos desviaciones estándar hacia arriba y abajo, la tabla 4 muestra un resumen de las 20 muestras por casa.



**Figura 10. Posición del acelerómetro en la losa.**



**Tabla 4. Detalle de los 20 acelerogramas por casa.**

Acelerograma	Individuo	Frecuencia (Hz)
1	1	1.4
2	1	1.4
3	1	1.6
4	1	1.6
5	1	1.8
6	1	1.8
7	1	2
8	1	2
9	1	2.2
10	1	2.2
11	2	1.4
12	2	1.4
13	2	1.6
14	2	1.6
15	2	1.8
16	2	1.8
17	2	2
18	2	2
19	2	2.2
20	2	2.2

El recorrido de cada caminata fue de un extremo a otro en el largo máximo del sistema de piso, en una caminata de ida y de vuelta para un mismo acelerograma, las frecuencias de caminatas fueron coordinadas mediante el uso de un metrónomo, que indicaba mediante un sonido el ritmo al cual se debían dar los pasos correspondientes, la masa del individuo N°1 es de 57 kg y del individuo N°2 es de 85 kg.

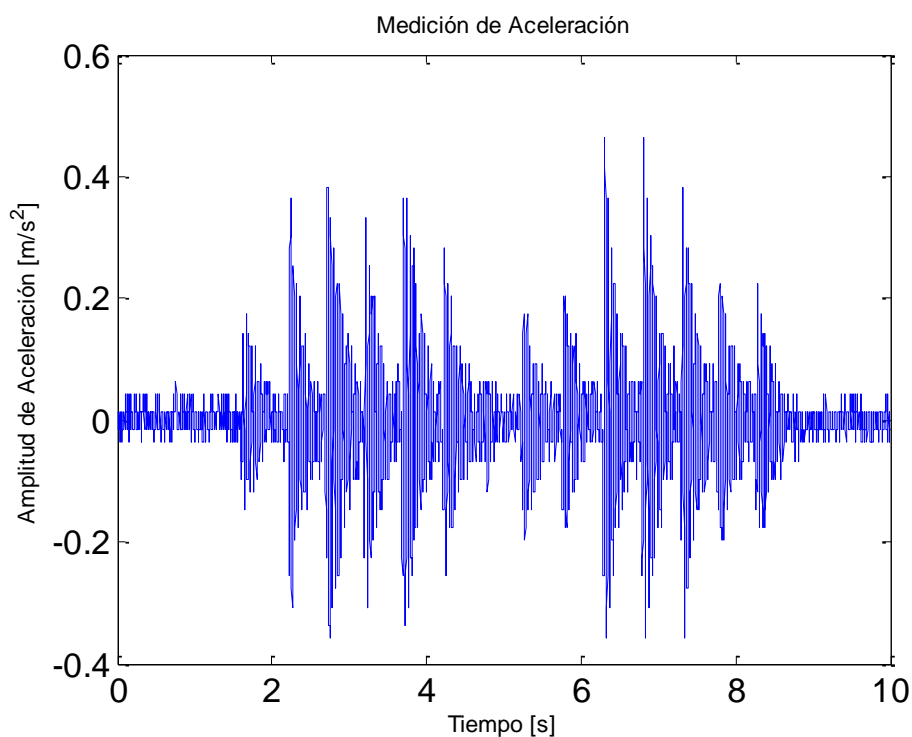
### **5.3 Procesamiento de los datos.**

A continuación se muestran los pasos que se realizaron para procesar los datos obtenidos mediante el procedimiento descrito en 5.2 cuyos resultados se muestran en el capítulo 6, junto con esto, a modo de ejemplo, se realiza el seguimiento de un acelerograma de caminata, y como se obtienen los parámetros descritos en el capítulo 4 para poder

categorizar el desempeño de la losa mediante los criterios expuestos por Toratti y Talja en 4.2.

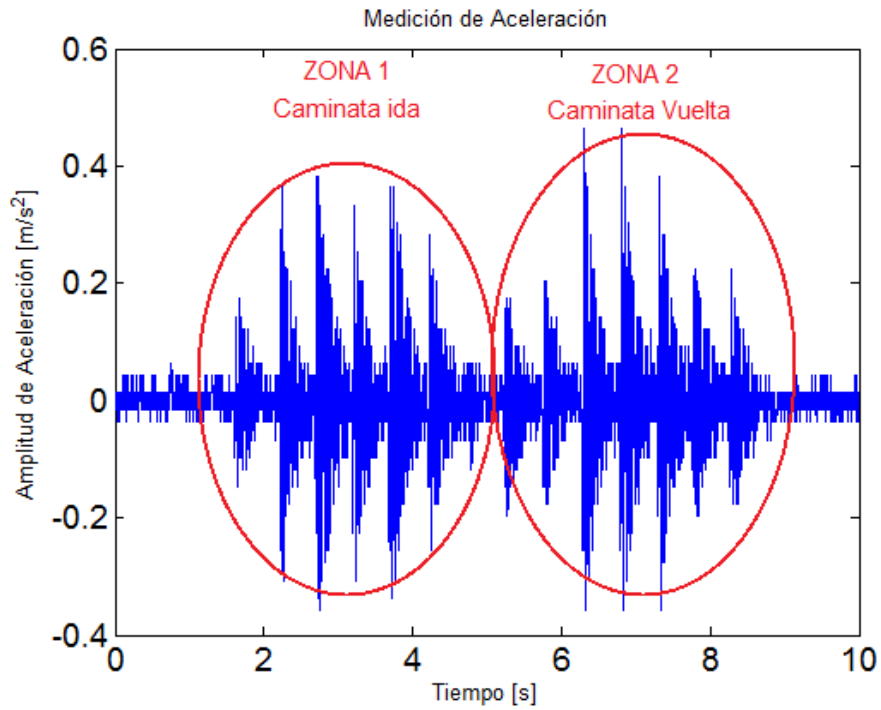
Es importante recordar, que se obtuvieron 20 acelerogramas para las 20 casas del modelo de losa estudiada, con lo que se trabajó sobre 400 acelerogramas de este modelo de losa, a continuación se muestra el proceso de la señal N°18 de la casa N°1. Que corresponde a la aceleración producida por la caminata del individuo N°2, a una frecuencia de 2 Hz, en su segunda repetición.

La señal bruta entregada por el equipo se muestra en la figura 11.



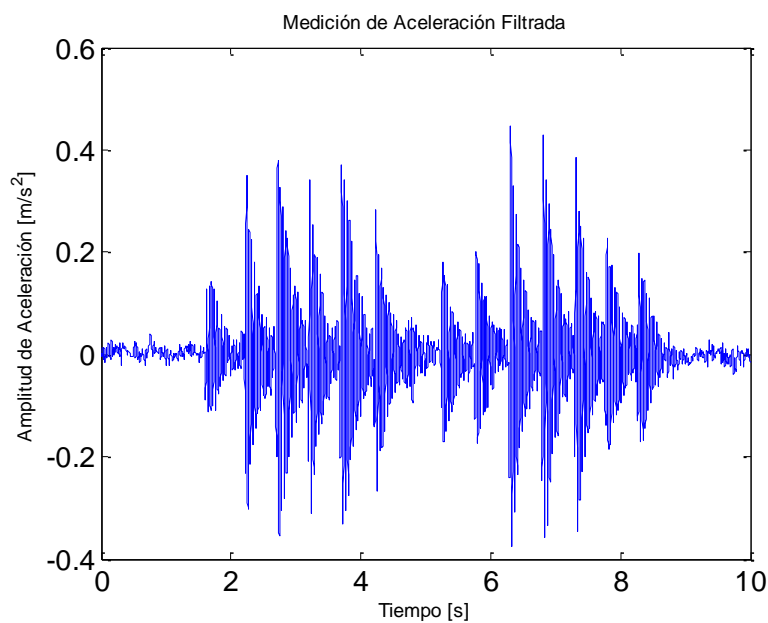
**Figura 11. Señal bruta obtenida del equipo de medición.**

Esta señal posee varias características, como se explica en el capítulo 5.2 la caminata es ida y vuelta por la dirección más larga de la losa. Como el sensor del acelerómetro está ubicado en el medio de ésta, al acercarse a él, provoca aceleraciones mayores debido a que la carga de un paso es más significativa en el medio de la losa que cerca de los extremos. Como se muestra en la figura 12 la señal de aceleración está agrupada en esos 2 grandes zonas claramente identificadas, la zona 1 es la caminata de ida y la zona 2 la de vuelta, cada una tiene una tendencia de tener mayores aceleraciones en el centro de cada zona.



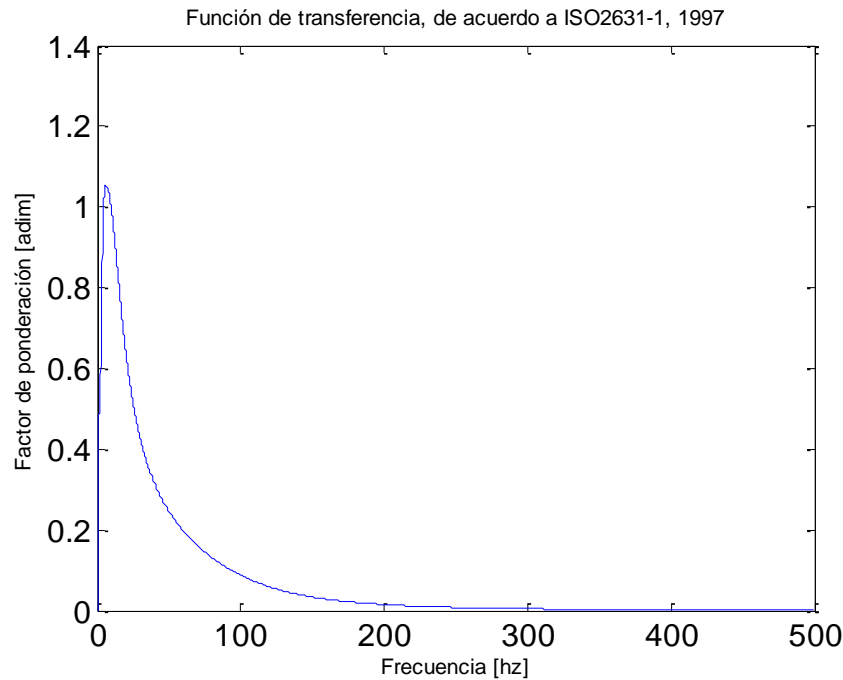
**Figura 12. Zonas de la seña bruta y puntos de interés.**

Posterior a obtener la seña bruta se procedió a procesarla mediante el uso de Matlab, la seña bruta se pasa por un filtro de Butterworth, el mismo usado en 5.1 con el test de heel drop , este primer filtro se uso para eliminar el ruido perteneciente en la seña, luego de filtrada se aprecia la seña en la figura 13.



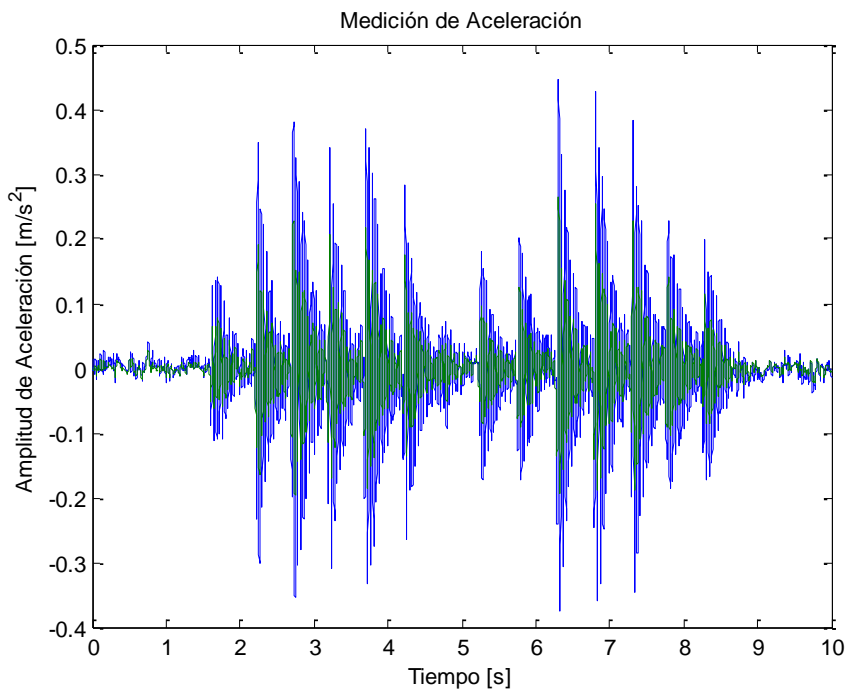
**Figura 13. Seña filtrada con filtro pasa baja a 40 Hz.**

Con la señal sin ruido, se aplica el ponderador  $W$ , que como se menciona en el capítulo 4 atenúa las frecuencias que no afectan en mayor medida al confort de los usuarios, este factor se muestra en la figura 14.

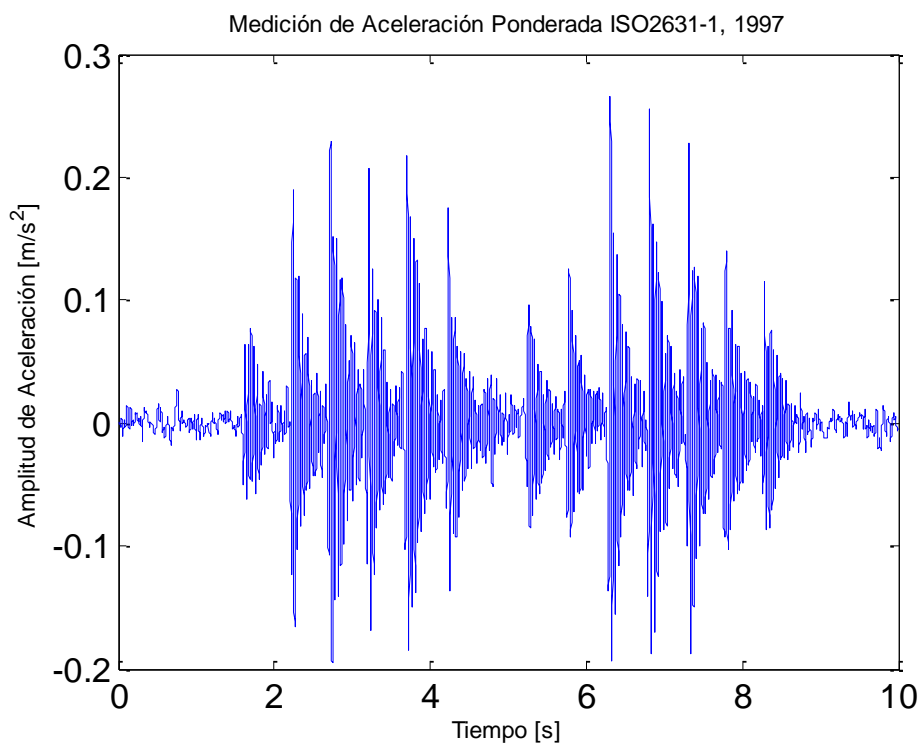


**Figura 14. Función de transferencia, ponderador  $W$ , según ISO 2631-1, 1997.**

Luego de multiplicada la señal con el factor  $W$ , esta queda atenuada siendo posible con esto, calcular mediante las expresiones descritas en el capítulo 4, la aceleración RMS y la aceleración RMS móvil, la señal ponderada se muestra como el registro final en la figura 16. En la figura 15 se muestra además, de forma comparativa las señales antes en azul y después en verde de aplicado el ponderador  $W$ .

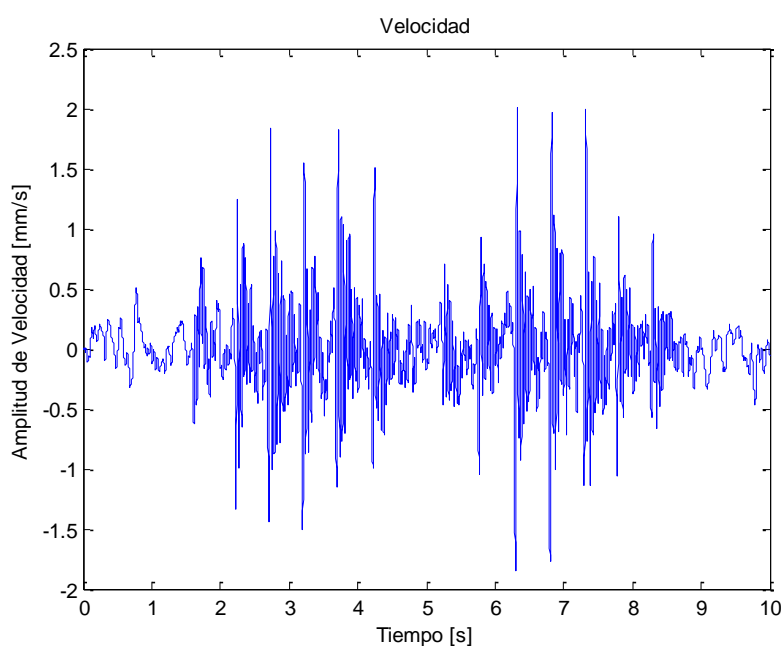


**Figura 15. Señales antes y después de aplicado el ponderador W.**



**Figura 16. Registro final.**

Para poder aplicar el criterio de Toratti y Talja, y según los datos arrojados por el test de Heel Drop, la losa mostrada en el ejemplo posee una frecuencia fundamental de 25.9 Hz, calculado según el proceso descrito en 5.1, lo que entra en la categoría de losa de alta frecuencia. Para analizar este tipo de losa es necesario tener la velocidad RMS móvil, y la velocidad peak, para esto debido a que el equipo usado posee un sensor de aceleración, la señal fue integrada de manera de obtener los datos en velocidades (figura 17), la integración fue realizada mediante HP filter después de tener la señal ponderada, aun cuando no sea necesario para este caso, se calcularon todos los parámetros descritos en el capítulo 4. Estos parámetros se muestran en la tabla 5.



**Figura 17. Registro de velocidad.**

**Tabla 5. Resultados acelerograma N°18 de ejemplo.**

ARMS (m/s <sup>2</sup> )	0.0474
ARMS Móvil (m/s <sup>2</sup> )	0.0742
VRMS (mm/s)	0.3651
VRMS Móvil (mm/s)	0.5659
Vmax (mm/s)	2.0132

Con esto, y usando el criterio expuesto por Toratti y Talja en el capítulo 4.2, se aprecia que como la losa es de alta frecuencia, los parámetros a considerar son VRMS móvil y la velocidad máxima. Como  $V_{max}$  es menor a 0.4, la losa cae en la categoría A. VRMS móvil es menor a 0.6 por lo que cae en categoría B, en el caso más riguroso, esta losa según el criterio expuesto por Toratti y Talja presenta características de servicioabilidad de nivel B, lo que cumple de manera aceptable para una estructura de uso residencial.

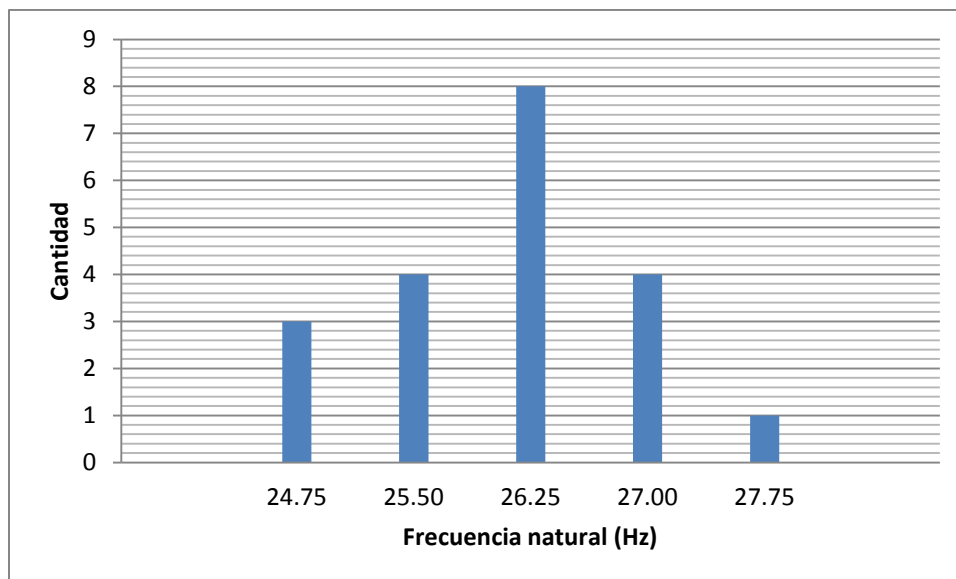
Como se ha mencionado, en este ejemplo de un único acelerograma se calcularon parámetros presentados en el capítulo 4, para usar el criterio expuesto en 4.2, a continuación en el capítulo 6, se presentan los resultados de los 400 acelerogramas y de los 20 test de heel drop realizados con el mismo procedimiento mostrado en este capítulo.

## **6. RESULTADOS EXPERIMENTALES.**

En este capítulo se muestran los resultados de las mediciones realizadas en esta investigación siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo 5.

### **6.1 Resultados test de heel drop.**

A continuación se muestran los resultados de los test de heel drop, antes descrito en el capítulo 5.1 y que como resultado arroja la frecuencia natural de las losas estudiadas. En el anexo A se muestran las graficas de las vibraciones libres realizadas por los test de heel drop. En la figura 18 se muestran claramente las frecuencias naturales de las losas estudiadas, las que poseen un promedio de 25.9 Hz, en general, todos los valores son cercanos al promedio a excepción de un punto atípico que supera los 30 Hz. Los datos poseen una desviación estándar de 1.44.



**Figura 18. Histograma de frecuencias naturales de las 20 casas.**

Las frecuencias naturales de las losas de este material, se mantienen en rangos distintos que una losa de madera, Fujino (2006) muestra estudios de frecuencias naturales donde losas de madera rondan entre 10 y 15 Hz. Las características de este material innovativo cambian esas frecuencias, siendo losas de alta frecuencia con casi nulas posibilidades de entrar en resonancia por la acción del caminar de las personas.

## **6.2 Resultados aceleraciones por caminatas.**

A continuación se mostraran los resultados de los registros de aceleraciones de las 20 casas estudiadas, hay que recordar que como se explicó en el capítulo 5.2, el estudio se realizó en base a dos individuos de distintas masas, cada uno caminó a 5 frecuencias distintas e hizo dos repeticiones de cada una, con esto, y promediando los 2 intentos se obtienen las siguientes velocidades RMS móviles para las 20 casas, mostradas en la figura 19. Para ver en detalle cada una de las casas el anexo F presenta gráficos individuales.

Es necesario recordar también que las masas de los individuos son de 57 y 85 Kg para el primero y el segundo respectivamente. En el anexo B se adjuntan los gráficos de las 400 caminatas filtradas y ponderadas del cual se calculó el valor de velocidad RMS móvil.



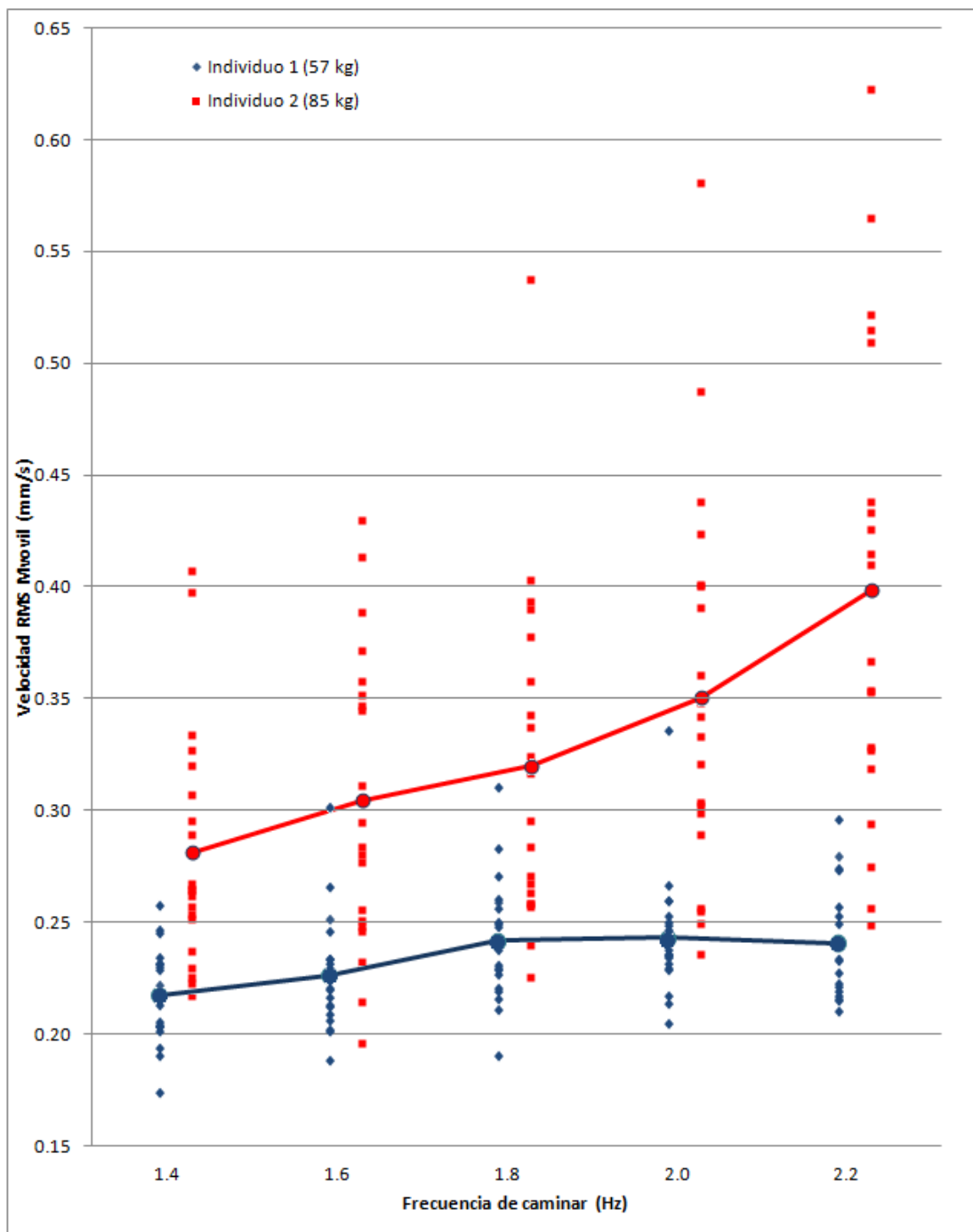


Figura 19. Resumen 20 caminatas por individuo.

El grafico anterior muestra tendencias claras entre los dos individuos a sus diferentes frecuencias de caminar:

- En la mayoría de las casas exceptuando las casas 3 y 6 todas las caminatas del individuo dos (el de mayor peso) registran velocidades mayores en la losa.
- Para las caminatas de 1.4 Hz las diferencias en las casas tienen un promedio de un 30 %.
- Para las caminatas de 1.6 y 1.8 Hz las diferencias en promedio son de 34 %.
- En las caminatas de 2.0 Hz, existen diferencias de un 44 % en promedio.
- En las casas 1, 12 y 20, para la frecuencia de 2.2 Hz se registran diferencias de 122%, 120% y 123%, siendo estas las mayores diferencias registradas entre ambos individuos. Además en promedio estas caminatas difieren entre individuos en un 64 %.

A continuación en la figura 20, se entregan datos comparativos de los dos intentos de caminar a una frecuencia de 1.4 Hz para ambos individuos en las 20 casas, en el anexo G se muestran las velocidades registradas para todas las frecuencias.

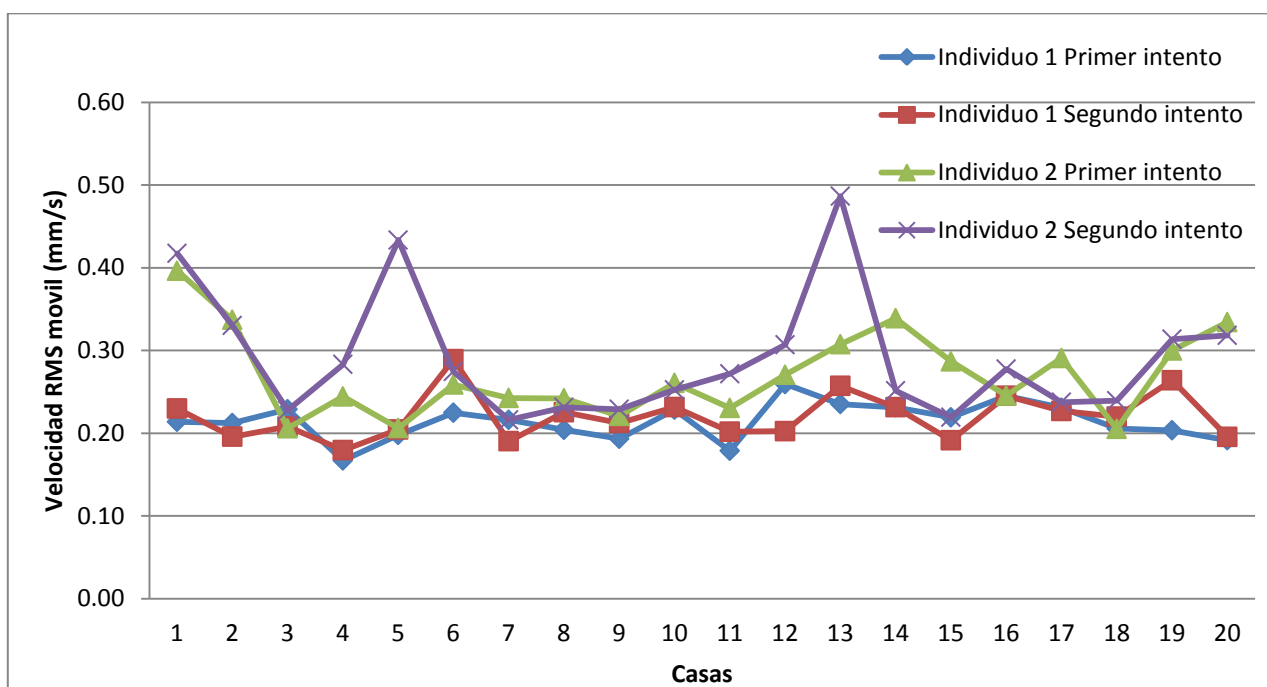


Figura 20. Caminatas a 1.4 Hz.

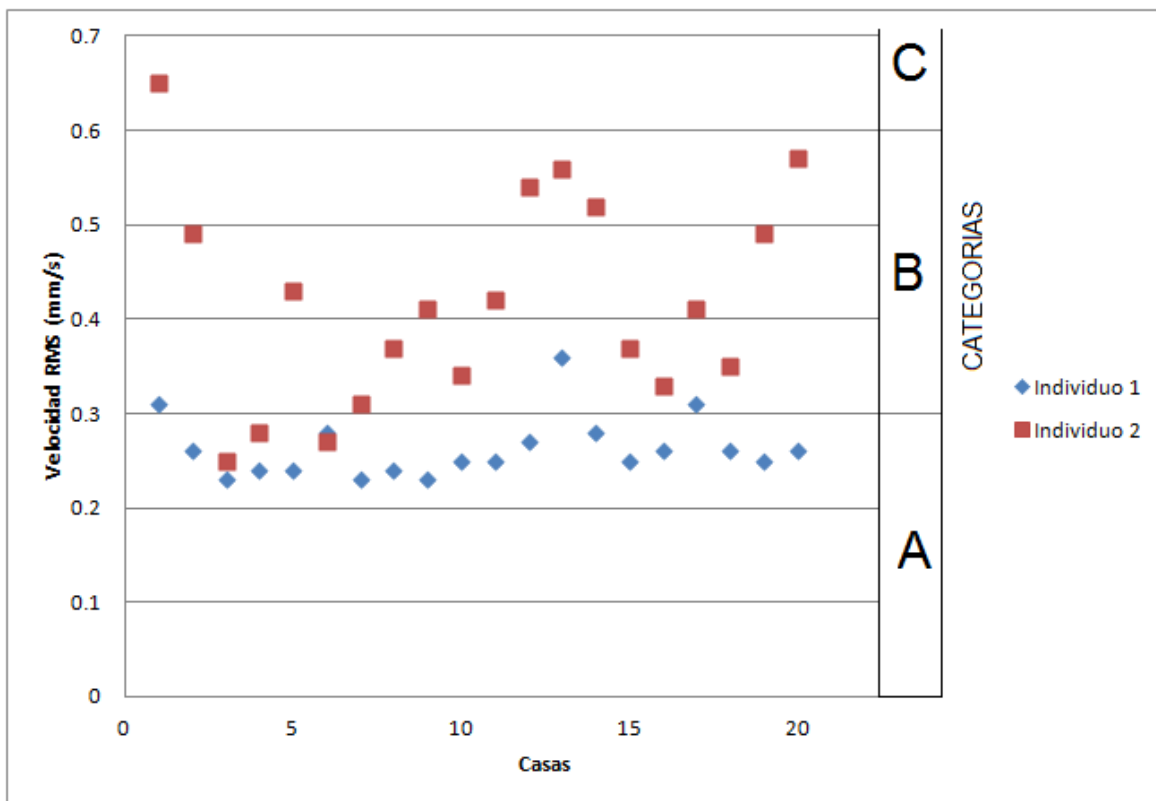
Existen tendencias en ambos individuos a mantener velocidades RMS similares con sus dos intentos pero hay ciertos valores que nos muestran diferencias notables:

- Para los intentos de caminar a una frecuencia de 1.4 Hz, en el individuo uno se notan las mayores diferencias en las casas 5, 13 y 14, de 108%, 58% y 25% respectivamente. Para el individuo dos la casa 19 con 30% y la casa 6 con 27% son las de mayor diferencia.
- Para los intentos de caminar a una frecuencia de 1.6 Hz, en el individuo uno las mayores diferencias son en las casas 4 y 13 con 35% y 33% respectivamente, el individuo dos a esta frecuencia registra diferencias en las casas 1 y 5 de 44% y 34% respectivamente.
- Las caminatas de 1.8 Hz en el primer individuo no registran mayores diferencias que un 11%, en cambio en el individuo dos registra diferencias de un 33% y 30% en las casas 1 y 12 respectivamente.
- Para los intentos de 2.0 Hz el individuo uno, solo una casa presenta grandes diferencias, la casa 17 con 25%, el individuo dos en las casas 2 y 13 registra diferencias de un 28% en ambas.
- En las caminatas de 2.2 Hz solo hay grandes diferencias en una casa por individuo, en la casa 15 de 20% y en la casa 9 de 33% para el individuo uno y dos respectivamente.

### **6.3 Criterio de Toratti y Talja aplicado a las caminatas.**

A continuación se aplicara el criterio de Toratti y Talja a las losas estudiadas y se categoriza en uno de los niveles mencionados en 4.2 para así determinar el nivel de servicio otorgado por la losa. Las tablas presentes en el anexo C muestran el nivel que alcanza cada losa para las 20 caminatas realizadas. Hay que destacar que a excepción de la primera losa, todas las demás quedaban categorizadas en el peor de los casos como losa de serviciabilidad “B”, que cumple con creces lo esperado, debido a que según este criterio una losa de serviciabilidad “C” todavía es aceptable para una estructura de uso residencial, la primera vivienda posee un par de caminatas que entran en este último rango, pero que aun es aceptable, la figura 21 muestra las velocidades más desfavorable de cada individuo

para las 20 casas, y se ubican las categorías en la que se encuentran según el criterio formulado por Toratti y Talja.



**Figura 21. Categorías de los casos más desfavorables por individuo.**

Según los datos anteriores, para el individuo uno se tiene que un 85% de las caminatas caen en el rango A, mientras que el 15% restante entra en la categoría B, para el individuo número dos, se tiene una mayoría de casos en categoría B, con un 80%, mientras que un 15% se ubica en categoría A, siendo solo un 5% una vivienda de nivel C.

Claramente se observan en la figura 21 que las velocidades más desfavorables del individuo dos son en general mayores a la del individuo uno, además, la mayor parte de las viviendas para el individuo uno es de categoría A, mientras que para el individuo dos es de categoría B, esto habla de una clara tendencia que nos indica que la masa del caminante si es relevante en esta situación.

## 7. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

Después de analizar los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, se obtienen losas en categoría de alta frecuencia, y según la teoría, no deberían presentar problemas de resonancia, eso se ve reflejado en el gráfico de la figura 13 en conjunto con las figuras del anexo B, que muestran claramente como la energía de un paso es disipada completamente antes de dar el siguiente paso, para todas las frecuencias estudiadas, esto rectifica la teoría de las losas de alta frecuencia. Claramente las losas de este material innovativo de una frecuencia natural, de alrededor de 26 Hz, están lejos del quinto armónico de la frecuencia más alta de caminata (2.2 Hz), por lo que de antemano se preveía un comportamiento de disipación absoluta de la energía entre cada paso.

Según los datos de velocidades recogidos, y los gráficos expuestos en el capítulo 6.2 se muestra claramente un comportamiento en las curvas, si bien en todos los casos no se da, en la mayoría existe una tendencia de que los caminantes provocan aceleraciones mayores, mientras su frecuencia de pasos aumenta. Es necesario recordar que el individuo uno tiene una masa de 57 kg y el individuo dos de 85 kg. Este comportamiento creciente es más notorio en el individuo dos.

También las curvas nos muestran un comportamiento global de las velocidades registradas por ambos individuos, y en casi el 100% de los casos, excluyendo algunos puntos atípicos, las velocidades registradas son siempre mayores en el individuo de mayor peso, haciendo válido la recomendación expuesta por CSI 2009, de ocupar distintos individuos con diferentes masas.

En la figura 20 y en las presentes en el anexo G, se exponen las velocidades de todas las casas para ambos individuos en sus dos intentos, de estos gráficos se interpreta que el individuo uno es más regular entre sus dos intentos para cada frecuencia, siendo el individuo dos el que tiene variaciones significativas de velocidades entre casas para una misma frecuencia.

Hay que recalcar que para la primera casa las velocidades del individuo dos mostraron resultados ajenos a la tendencia de la mayoría de las frecuencias, debido a que fue la primera casa en la que se implementó esta metodología, por lo que estos datos pueden estar fuera de rango.

Otro factor importante que nos entrega estas últimas figuras es la variación de los registros de velocidades para ambos intentos, lo que se traduce a que no siempre un mismo individuo entrega la misma energía a la losa caminando a una misma frecuencia, haciendo válido nuevamente la recomendación de CSI 2009 de realizar por lo menos dos intentos.

Algunas conclusiones del test de heel drop y su aporte para el cálculo de las frecuencias naturales se pueden extraer de la figura 18, estas son que la mayoría de las casas rondan en una frecuencia natural de 26 Hz, a excepción de una casa que nos indica una frecuencia que supera los 30 Hz. Esto habla de una regularidad en el sistema constructivo de esta losa y de la importancia del test de heel drop como método válido para calcular la frecuencia natural.

Además, se comprobó en terreno que la ubicación de la excitación y la energía entregada por el heel drop no hacen cambiar el valor de la frecuencia natural, así también lo menciona G. Sedlacek (2004), debido a que la frecuencia natural es una propiedad de la losa, ajena al tipo de excitación externa.

Teniendo en cuenta el nivel de servicio prestado por las losas en las tablas presentes en el anexo C, se nota claramente que todas cumplen con los requisitos mínimos establecidos por Toratti y Talja (2006), para losas de uso residencial.

Como comentario final y frente a posibles estudios futuros dentro del mismo ámbito se aconseja el uso del test de heel drop para la determinación de la frecuencia natural. Además, hay que tener en cuenta que la losa estudiada es un material innovativo dentro de la construcción de viviendas, por lo que estudios de este tipo se hacen necesarios para determinar el nivel de servicio otorgado, por estar más allá de su capacidad de resistencia.

Se recomienda para estudios posteriores el uso de varios caminantes con variaciones de masas significativas, y si es posible una mayor cantidad de repeticiones por individuo, para analizar el comportamiento de la energía entregada a una misma frecuencia por una misma persona. Por último recalcar que el nivel de confort en el cual se mantiene una persona varía considerablemente según cada una de ellas, dependiendo de factores como la cultura, el nivel socioeconómico, la edad, el sexo, etc. Por lo que el uso de otros criterios de evaluación siempre será recomendado.

## REFERENCIAS.

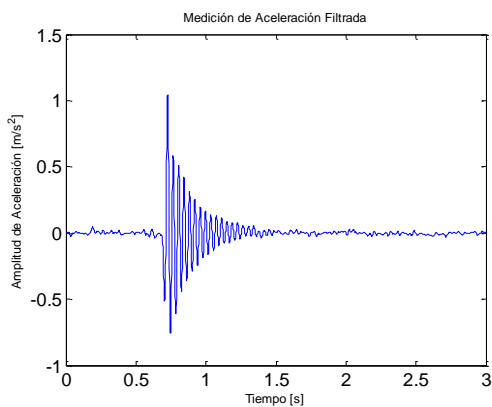
- [1] L. J. Hu, R. desjardins, Y. H. Chui (2005) “ Nature of Vibrations Induced by Footsteps in Lightweight and Heavyweight Floors”.
- [2] Ivan Glisovic, Bosko Stevanovic (2010) “ Vibrational Behaviour of Timber Floors”.
- [3] Saidi, I., E. Gad, N. Haritos, A. Mohammed y J. Wilson (2007) “Optimum design for passive tuned mass dampers using viscoelastic materials”.
- [4] SCI (2009)” Design of Floors for Vibration: A New Approach. SCI P354.” The Steel Construction Institute. Inglaterra.
- [5] Toratti, T. y S. Talja (2006) “Classification of human induced floor vibrations”. Building Acoustics.
- [6] Middleton, C. y J. Brownjohn (2008) “Response of high frequency floors to a footfall”. Conference and Exposition on Structural Dynamics . Estados Unidos.
- [7] Nova Building, Manual de instalación, Panel de losa NOVA chemicals, 2011.
- [8] ISO (1997) “Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration- Part 1: General Requirements. ISO 2631-1.” International Organization for Standardization. Suiza.
- [9] ISO (2003) “Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole- Body Vibration- Part 2: Vibration in Buildings (1 Hz to 80 Hz). ISO 2631-2.” International Organization for Standardization. Suiza.

- [10] BS 6472 (2008) “Guide to Evaluation of Human Exposure to Vibration in Buildings – Part 1:Vibration Sources Other Than Blasting. BS 6472-1.” British Standard.
  
- [11] Eiichi Fujino, Shuzo Suzuki, Hiroyuki Noguchi, (2006) “Effects of Human Load on Vertical Dynamic Characteristics of Wooden Beam Floor”
  
- [12] Patricia Hamm, Antje Richter, Stefan Winter, (2010) “ Floor vibrations, New results”.
  
- [13] G. Sedlacek, C. Heinemeyer, C. Butz, B. Völling, P. Waarts, F. Van Duin, S. Hicks, P. Devine, T. Demarco (2004) “ Generalisation of criteria for floor vibrations for industrial, office, residential and public building and gymnastic halls”.
  
- [14] ArcelorMittal (2008) “Design Guide for Floor Vibrations.” ArcelorMittal.
  
- [15] Amortiguacion: clasificacion y los métodos de determinación, Informativo Tecnico, Cossolino LC, Pereira AHA, (2010).

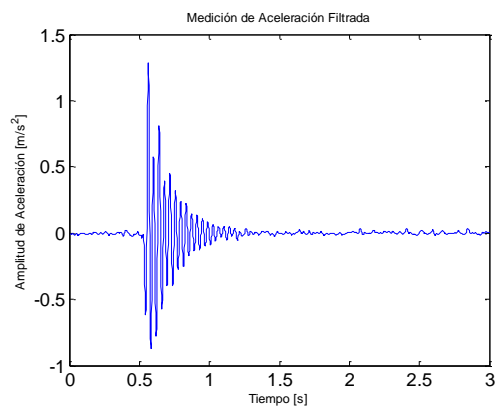


**ANEXOS.**

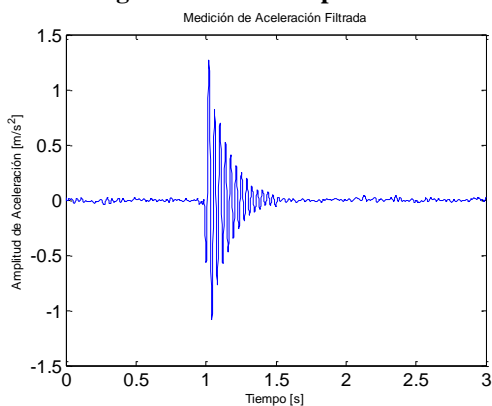
**ANEXO A: Gráficos de acelerogramas de test de heel drop.**



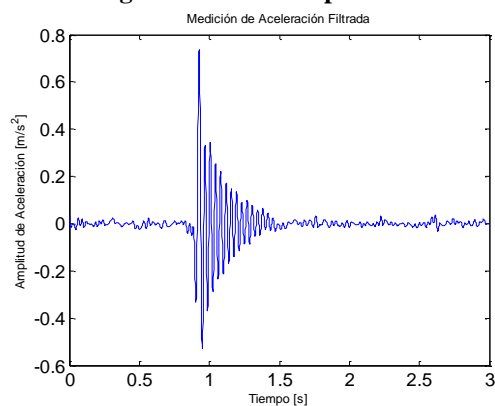
**Figura A1. Heel drop casa N°1**



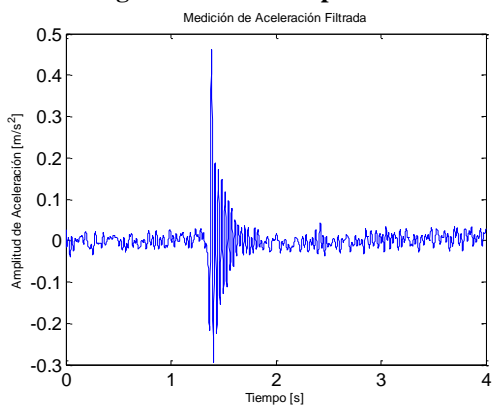
**Figura A4. Heel drop casa N°4**



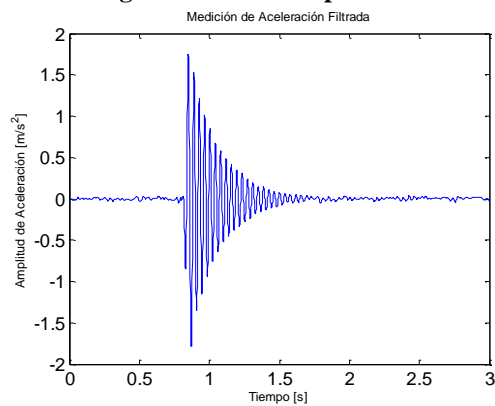
**Figura A2. Heel drop casa N°2**



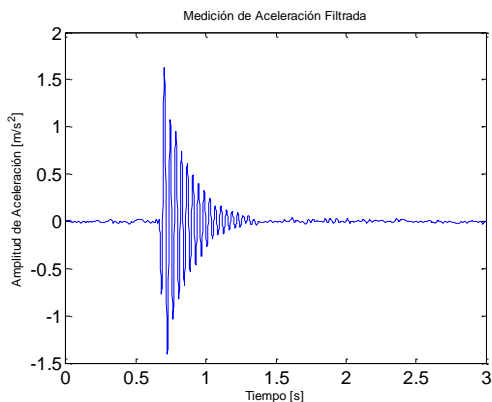
**Figura A5. Heel drop casa N°5**



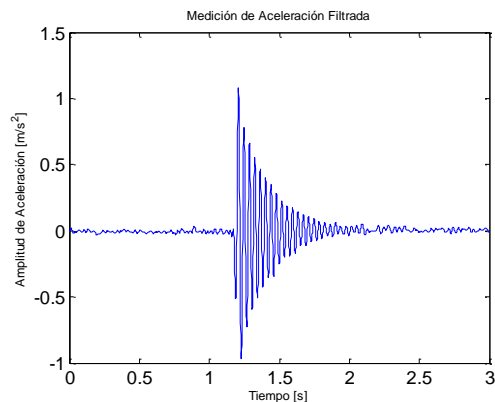
**Figura A3. Heel drop casa N°3**



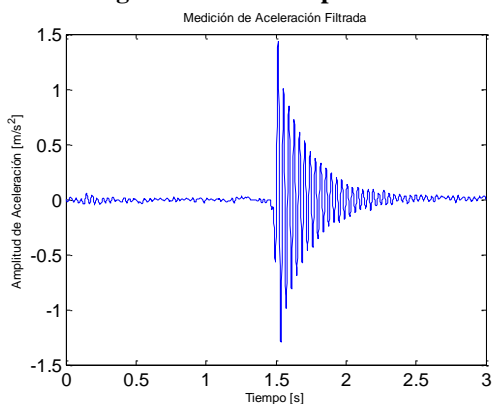
**Figura A6. Heel drop casa N°6**



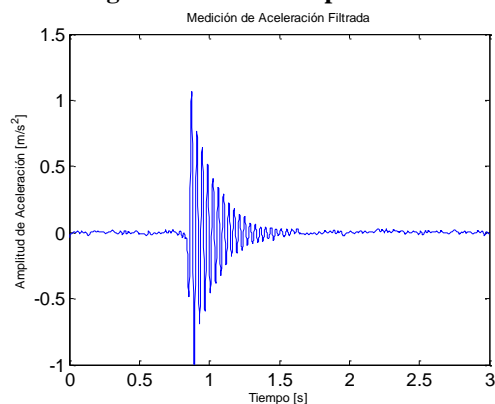
**Figura A7. Heel drop casa N°7**



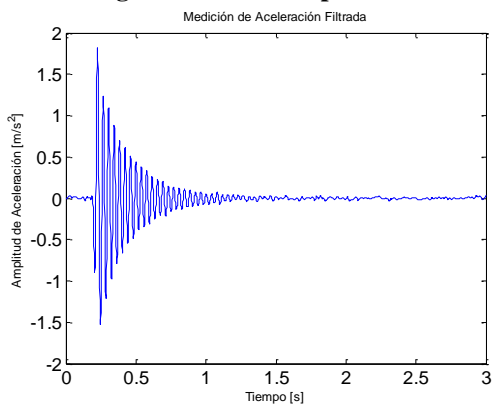
**Figura A10. Heel drop casa N°10**



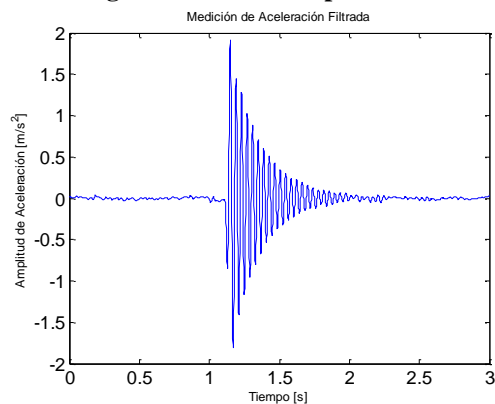
**Figura A8. Heel drop casa N°8**



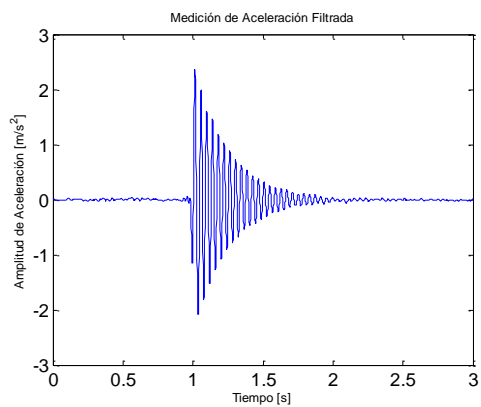
**Figura A11. Heel drop casa N°11**



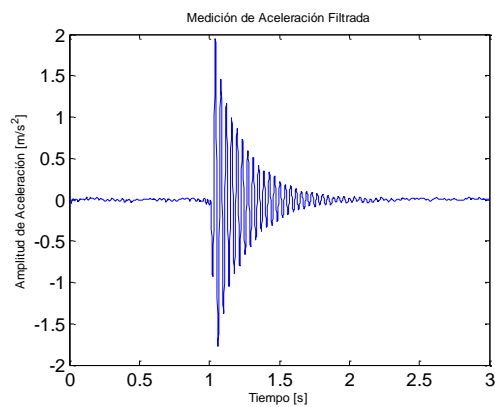
**Figura A9. Heel drop casa N°9**



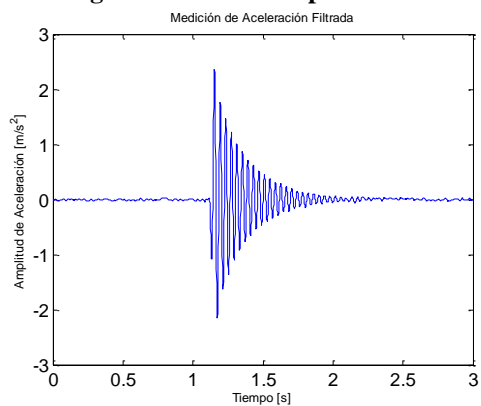
**Figura A12. Heel drop casa N°12**



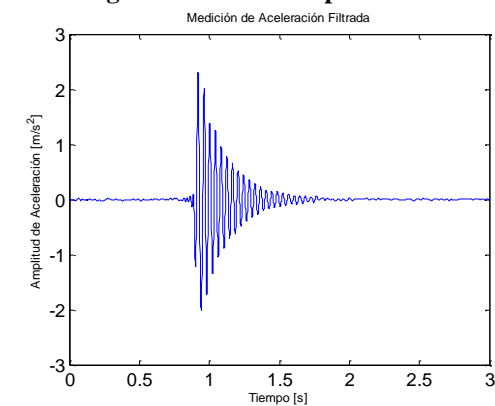
**Figura A13. Heel drop casa N°13**



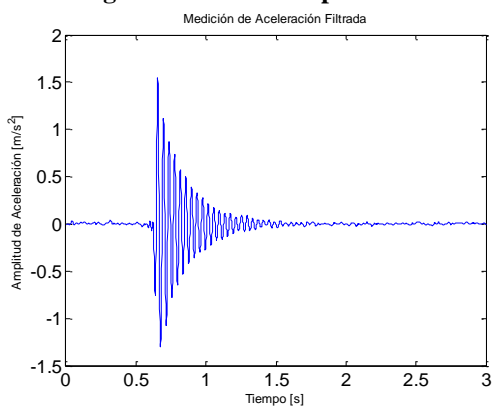
**Figura A17. Heel drop casa N°17**



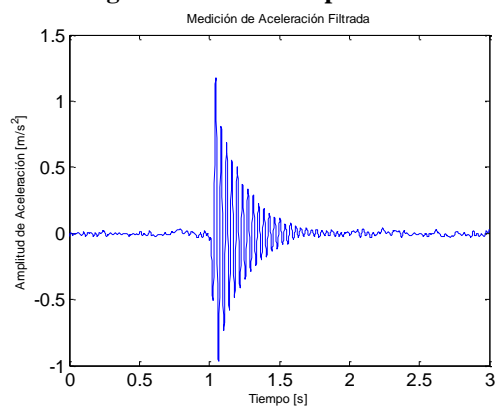
**Figura A15. Heel drop casa N°15**



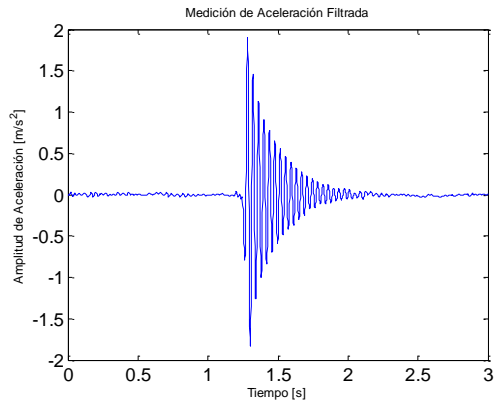
**Figura A18. Heel drop casa N°18**



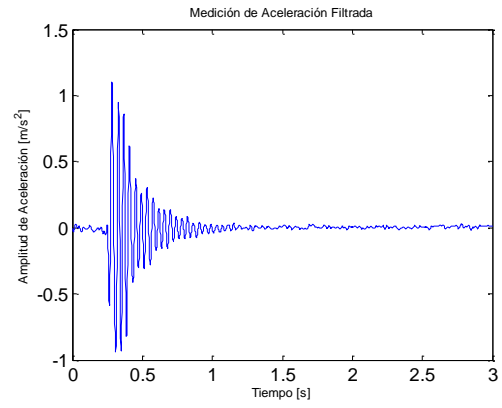
**Figura A16. Heel drop casa N°16**



**Figura A18. Heel drop casa N°18**

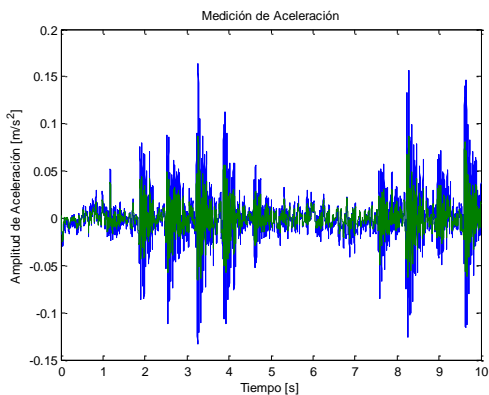


**Figura A19. Heel drop casa N°19**

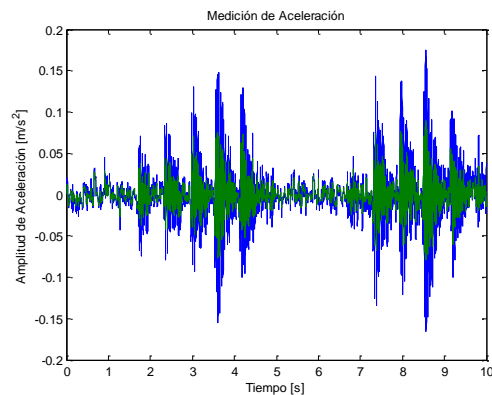


**Figura A20. Heel drop casa N°20**

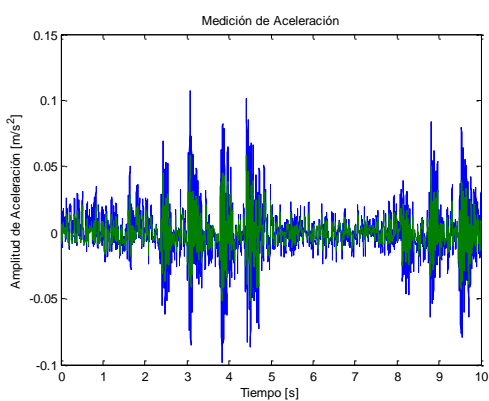
**ANEXO B: Gráficos de acelerogramas de caminatas.**



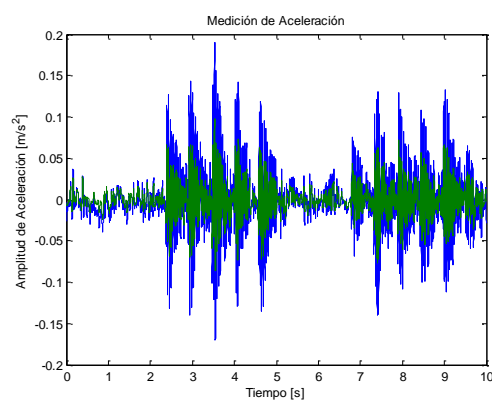
**Figura B1. Casa N°1, Individuo 1, 1.4 Hz.**



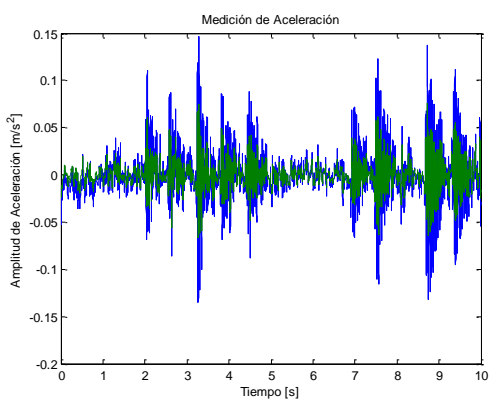
**Figura B4. Casa N°1, Individuo 1, 1.6 Hz.**



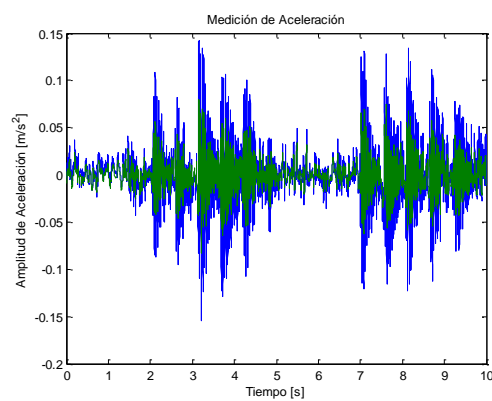
**Figura B2. Casa N°1, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B5. Casa N°1, Individuo 1, 1.8 Hz.**

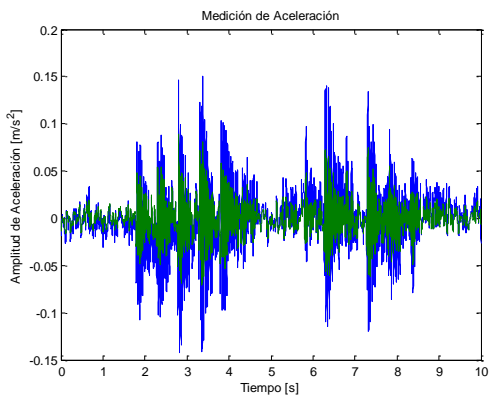


**Figura B3. Casa N°1, Individuo 1, 1.6 Hz.**

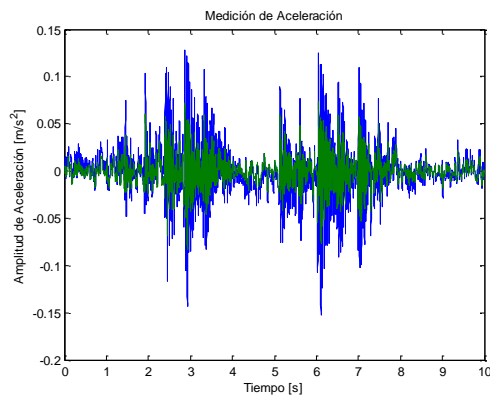


**Figura B6. Casa N°1, Individuo 1, 1.8 Hz.**

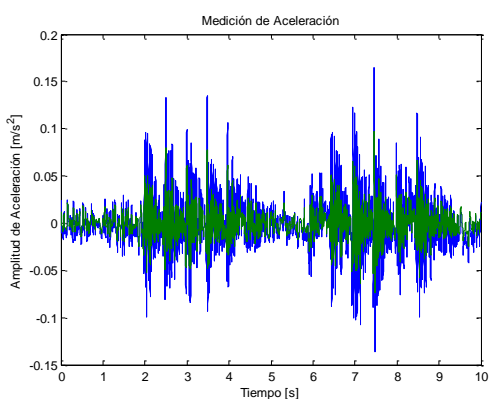




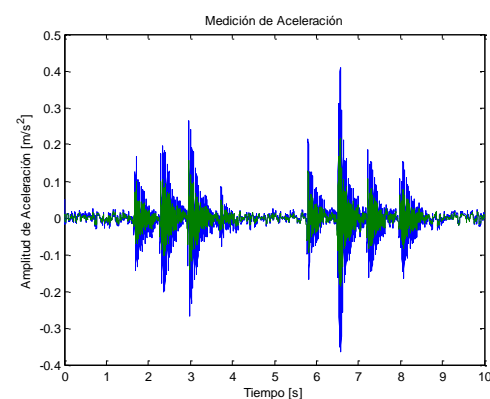
**Figura B7. Casa N°1, Individuo 1, 2.0 Hz.**



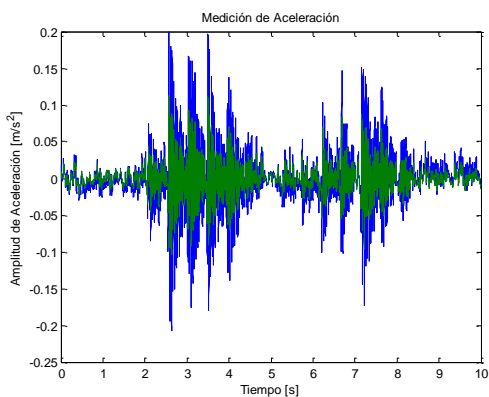
**Figura B10. Casa N°1, Individuo 1, 2.2 Hz.**



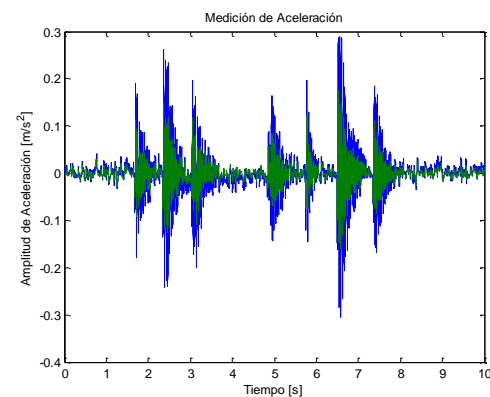
**Figura B8. Casa N°1, Individuo 1, 2.0 Hz.**



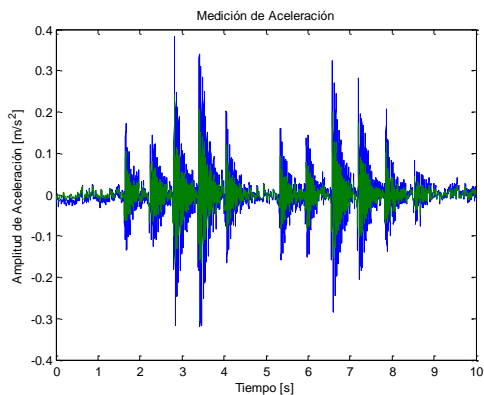
**Figura B11. Casa N°1, Individuo 2, 1.4 Hz.**



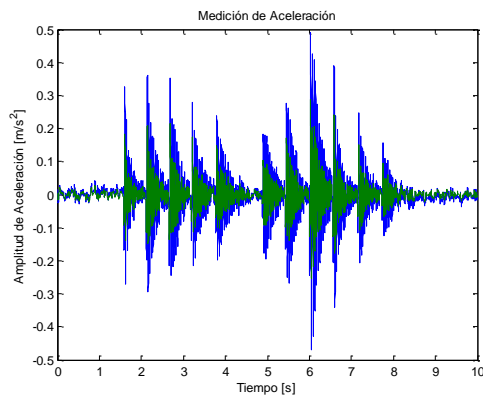
**Figura B9. Casa N°1, Individuo 1, 2.2 Hz.**



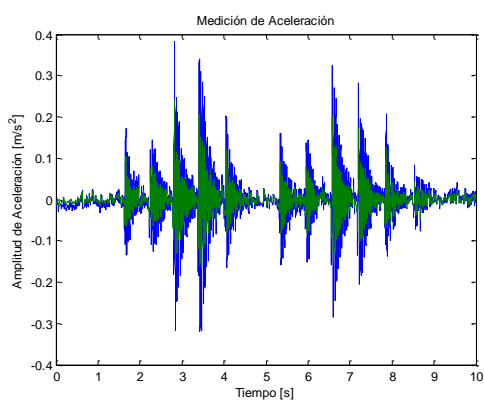
**Figura B12. Casa N°1, Individuo 2, 1.4 Hz.**



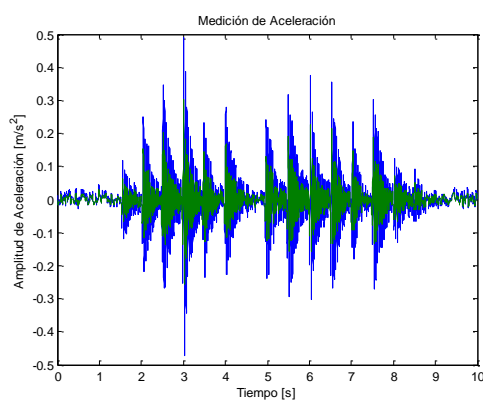
**Figura B13. Casa N°1, Individuo 2, 1.6 Hz.**



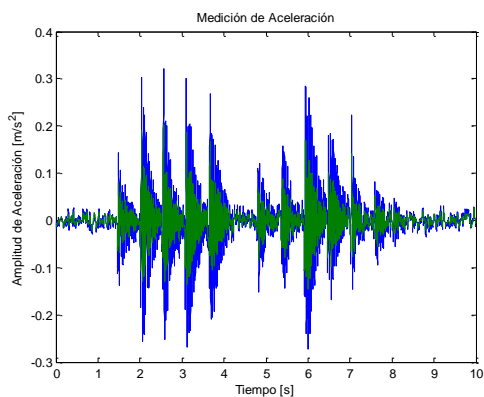
**Figura B16. Casa N°1, Individuo 2, 1.8 Hz.**



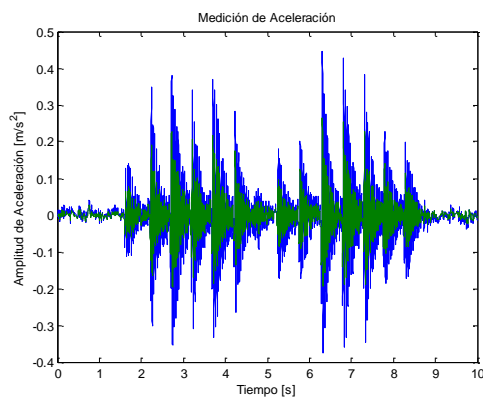
**Figura B14. Casa N°1, Individuo 2, 1.6 Hz.**



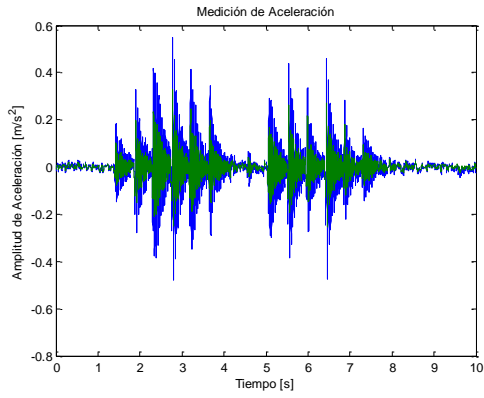
**Figura B17. Casa N°1, Individuo 2, 2.0 Hz.**



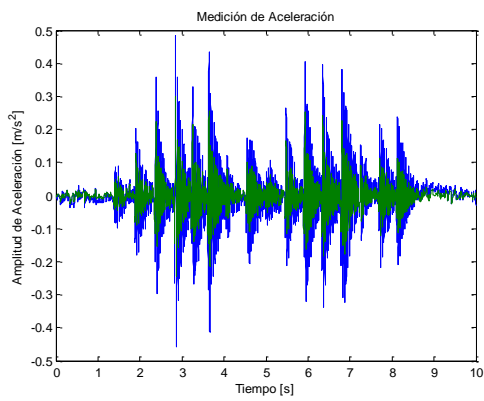
**Figura B15. Casa N°1, Individuo 2, 1.8 Hz.**



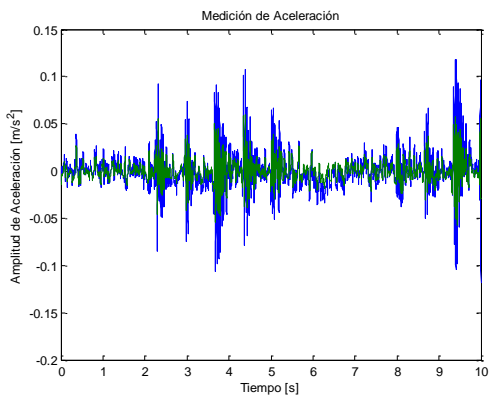
**Figura B18. Casa N°1, Individuo 2, 2.0 Hz.**



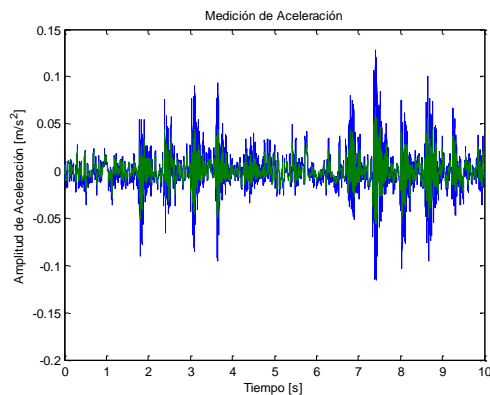
**Figura B19. Casa N°1, Individuo 2, 2.2 Hz.**



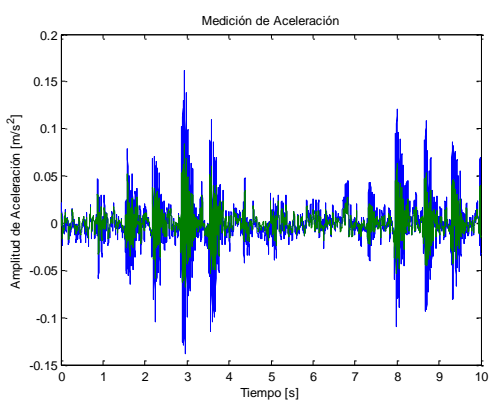
**Figura B20. Casa N°1, Individuo 2, 2.2 Hz.**



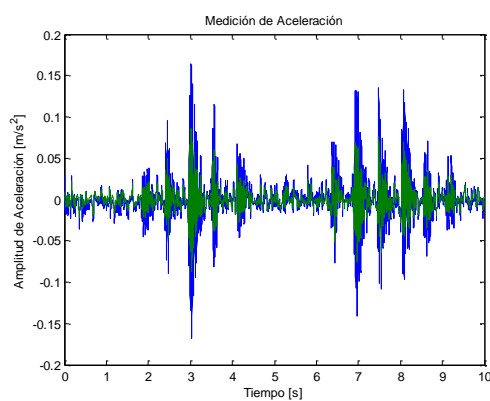
**Figura B21. Casa N°2, Individuo 1, 1.4 Hz.**



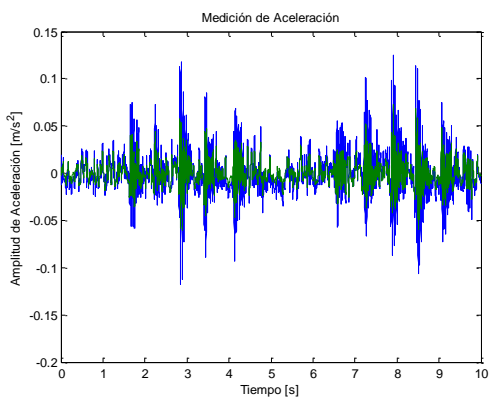
**Figura B24. Casa N°2, Individuo 1, 1.6 Hz.**



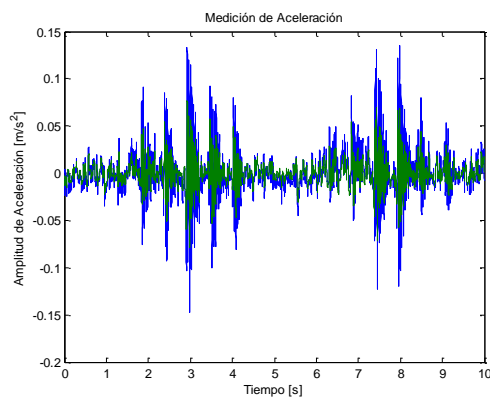
**Figura B22. Casa N°2, Individuo 1, 1.4 Hz.**



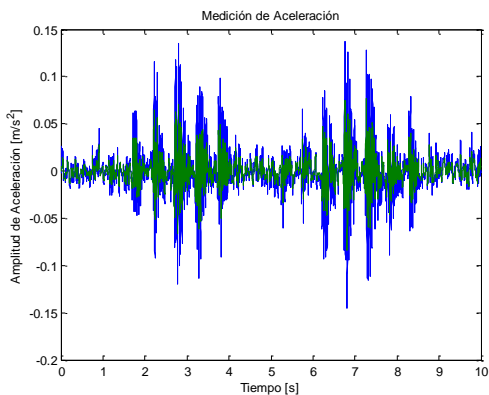
**Figura B25. Casa N°2, Individuo 1, 1.8 Hz.**



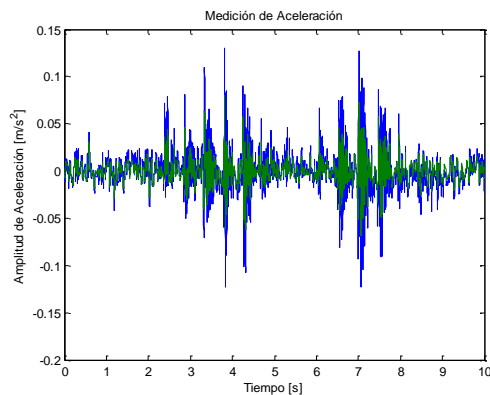
**Figura B23. Casa N°2, Individuo 1, 1.6 Hz.**



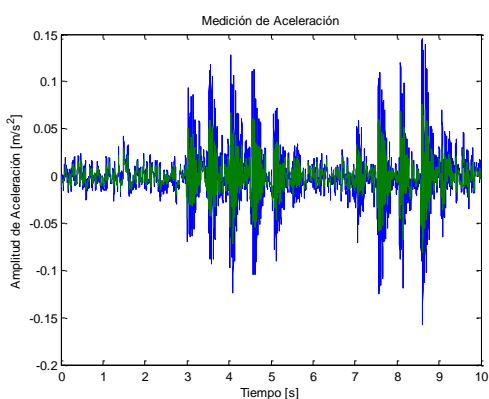
**Figura B26. Casa N°2, Individuo 1, 1.8 Hz.**



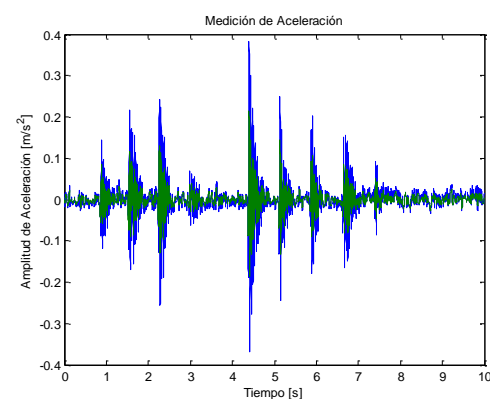
**Figura B27. Casa N°2, Individuo 1, 2.0 Hz.**



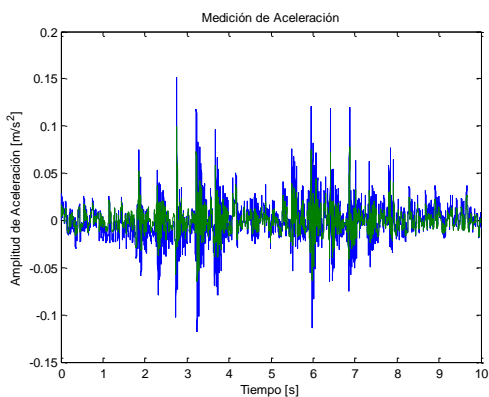
**Figura B30. Casa N°2, Individuo 1, 2.2 Hz.**



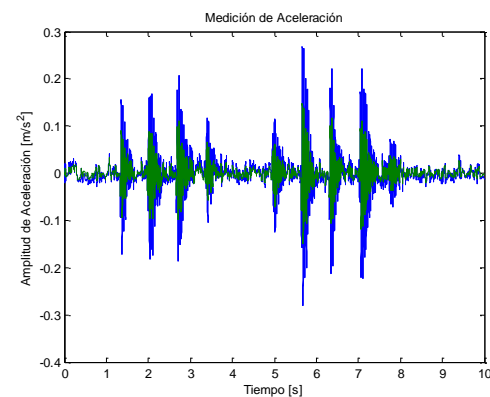
**Figura B28. Casa N°2, Individuo 1, 2.0 Hz.**



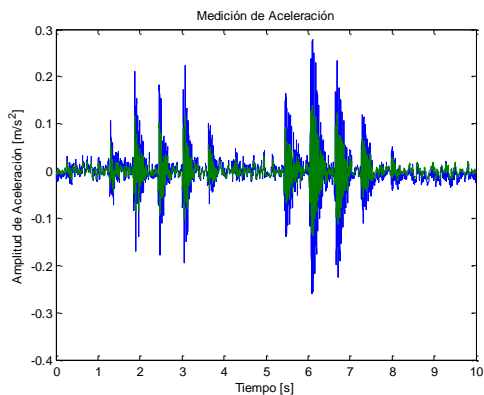
**Figura B31. Casa N°2, Individuo 2, 1.4 Hz.**



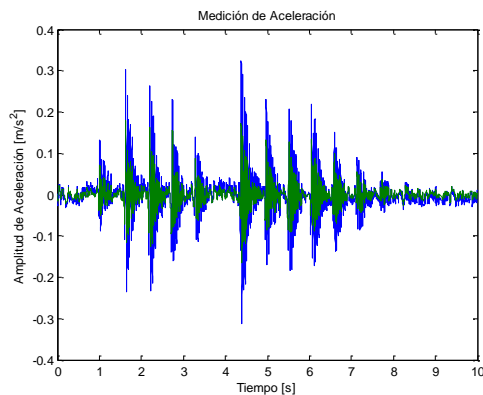
**Figura B29. Casa N°2, Individuo 1, 2.2 Hz.**



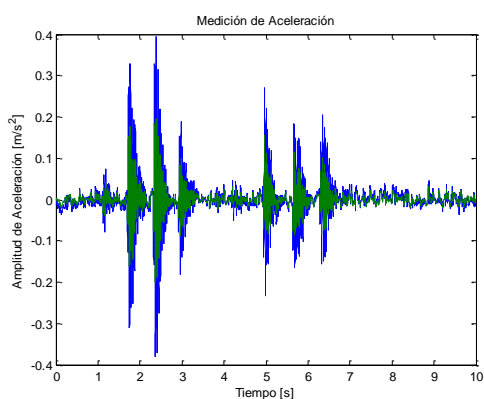
**Figura B32. Casa N°2, Individuo 2, 1.4 Hz.**



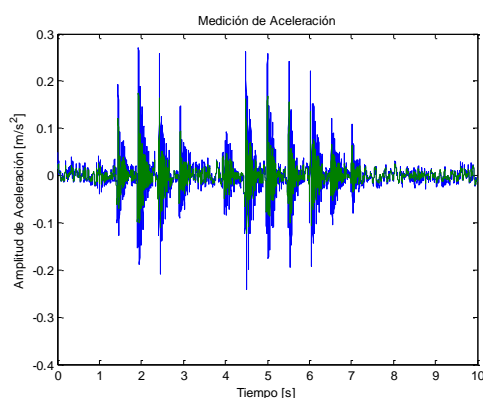
**Figura B33. Casa N°2, Individuo 2, 1.6 Hz.**



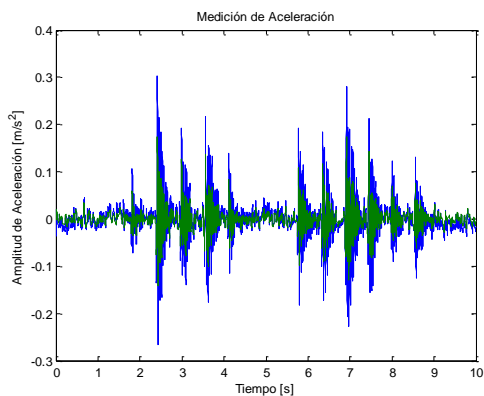
**Figura B36. Casa N°2, Individuo 2, 1.8 Hz.**



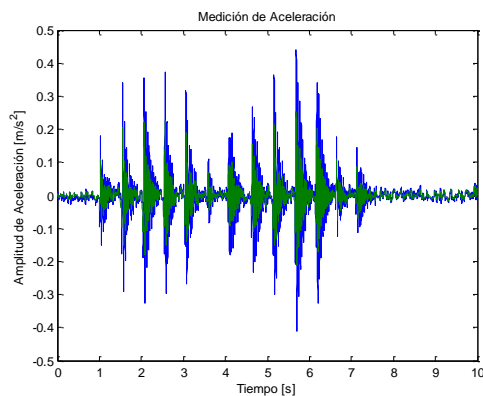
**Figura B34. Casa N°2, Individuo 2, 1.6 Hz.**



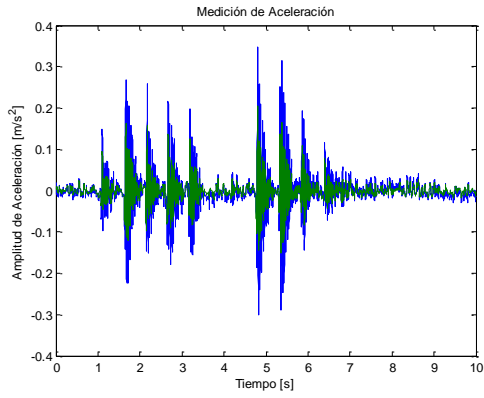
**Figura B37. Casa N°2, Individuo 2, 2.0 Hz.**



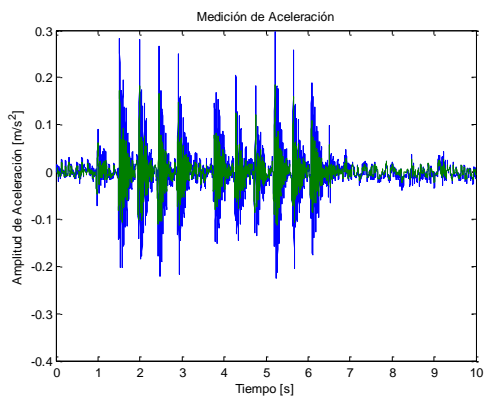
**Figura B35. Casa N°2, Individuo 2, 1.8 Hz.**



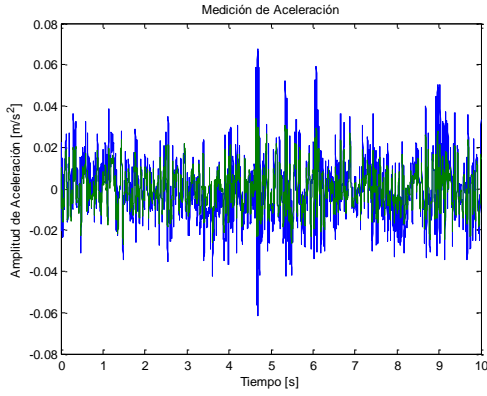
**Figura B38. Casa N°2, Individuo 2, 2.0 Hz.**



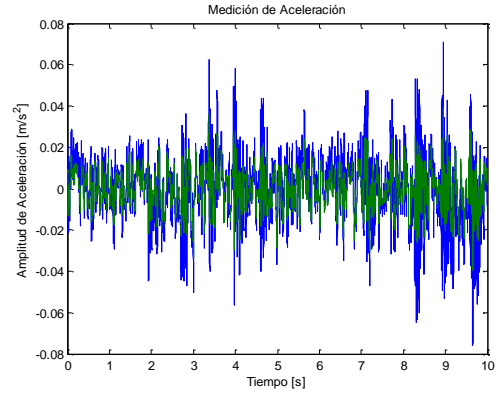
**Figura B39. Casa N°2, Individuo 2, 2.2 Hz.**



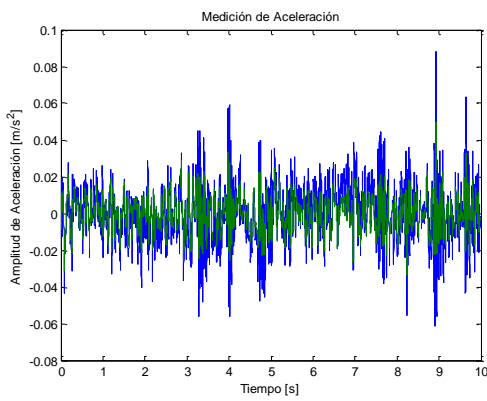
**Figura B40. Casa N°2, Individuo 2, 2.2 Hz.**



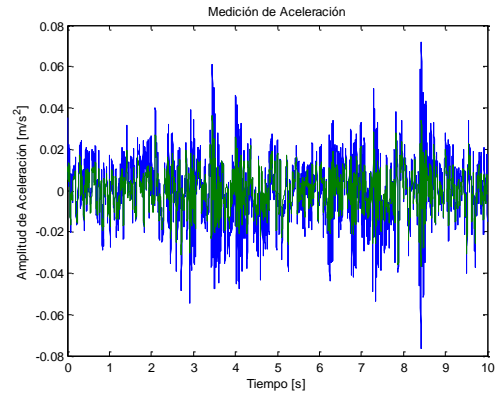
**Figura B41. Casa N°3, Individuo 1, 1.4 Hz.**



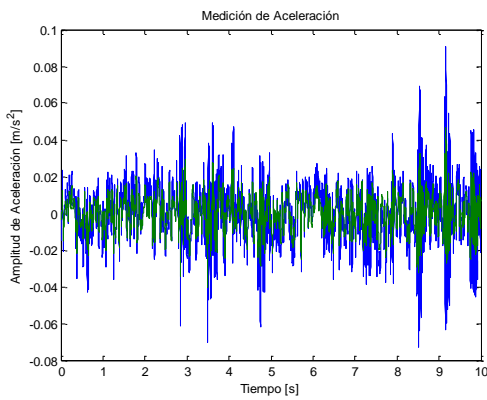
**Figura B44. Casa N°3, Individuo 1, 1.6 Hz.**



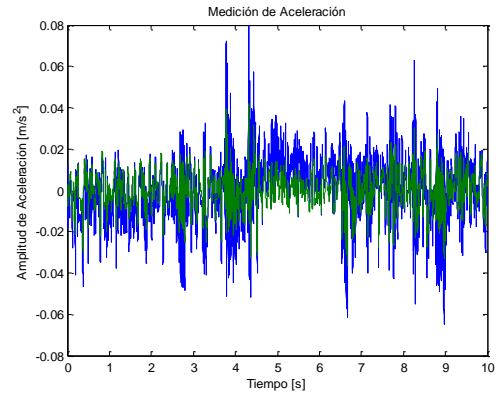
**Figura B42. Casa N°3, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B45. Casa N°3, Individuo 1, 1.8 Hz.**

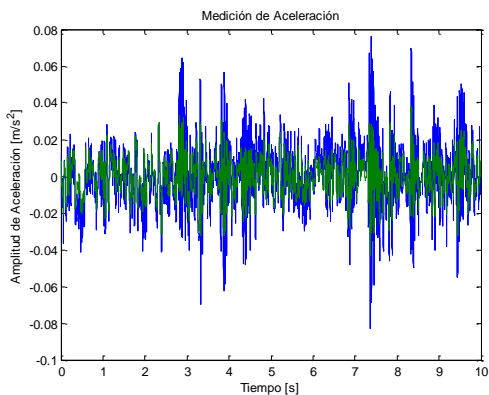


**Figura B43. Casa N°3, Individuo 1, 1.6 Hz.**

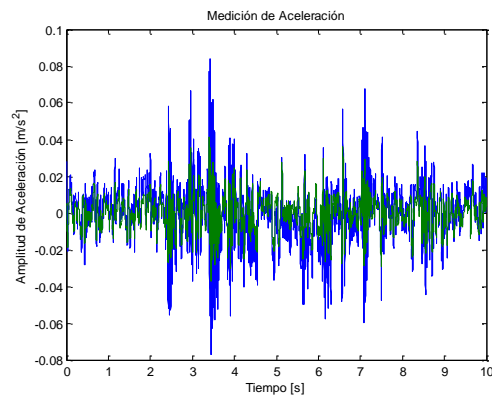


**Figura B46. Casa N°3, Individuo 1, 1.8 Hz.**

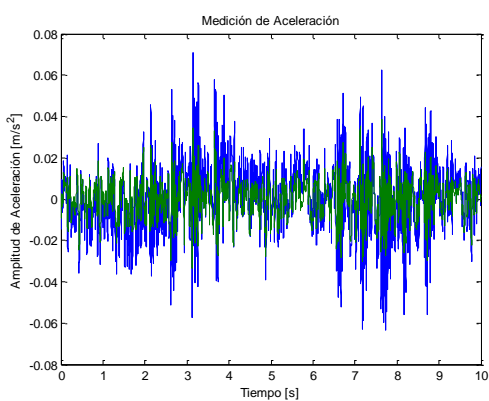




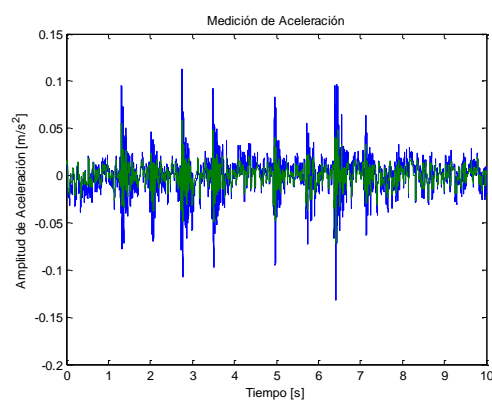
**Figura B47. Casa N°3, Individuo 1, 2.0 Hz.**



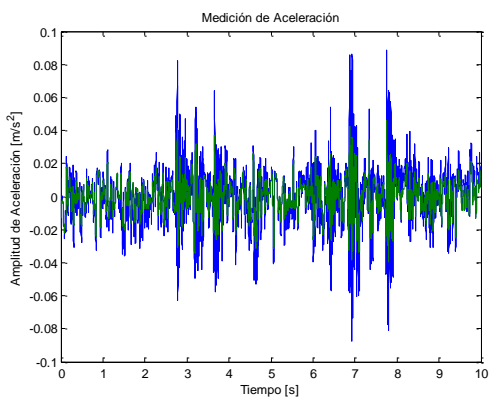
**Figura B50. Casa N°3, Individuo 1, 2.2 Hz.**



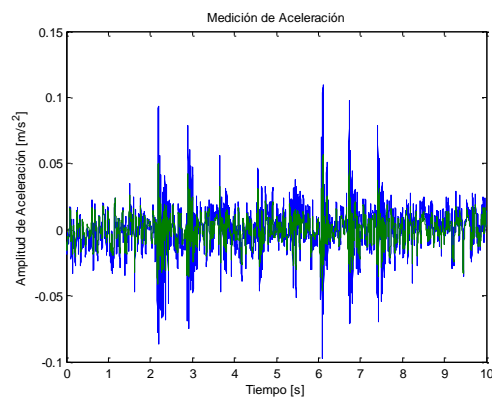
**Figura B48. Casa N°3, Individuo 1, 2.0 Hz.**



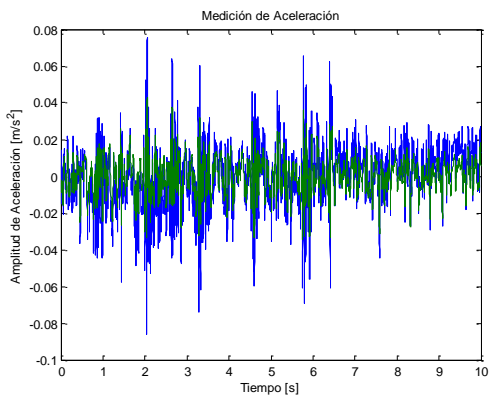
**Figura B51. Casa N°3, Individuo 2, 1.4 Hz.**



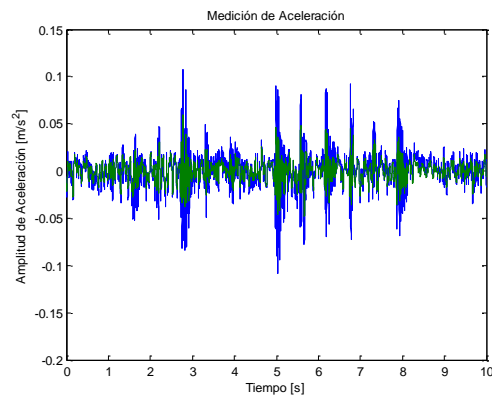
**Figura B49. Casa N°3, Individuo 1, 2.2 Hz.**



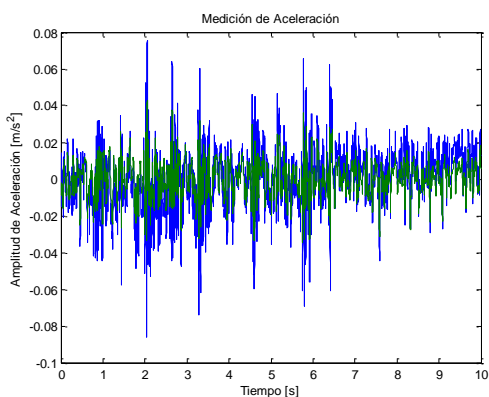
**Figura B52. Casa N°3, Individuo 2, 1.4 Hz.**



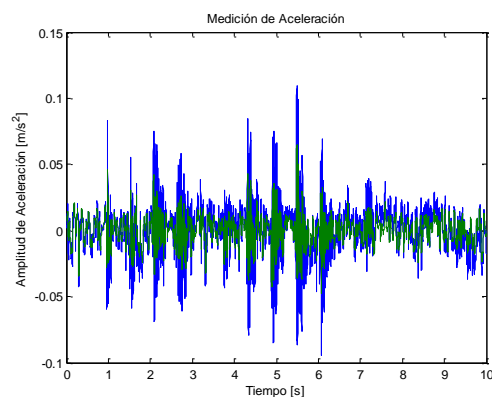
**Figura B53. Casa N°3, Individuo 2, 1.6 Hz.**



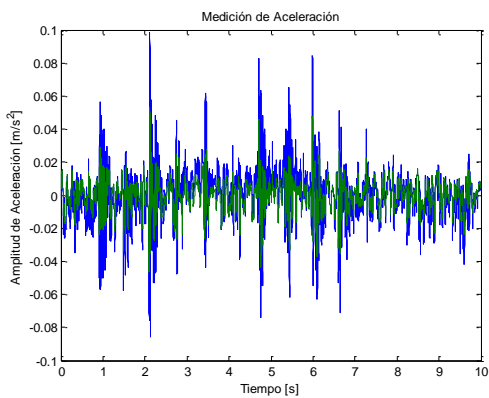
**Figura B56. Casa N°3, Individuo 2, 1.8 Hz.**



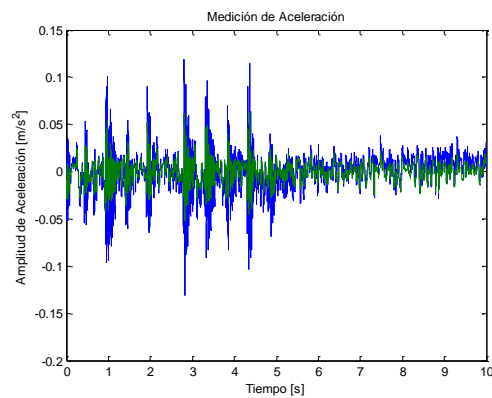
**Figura B54. Casa N°3, Individuo 2, 1.6 Hz.**



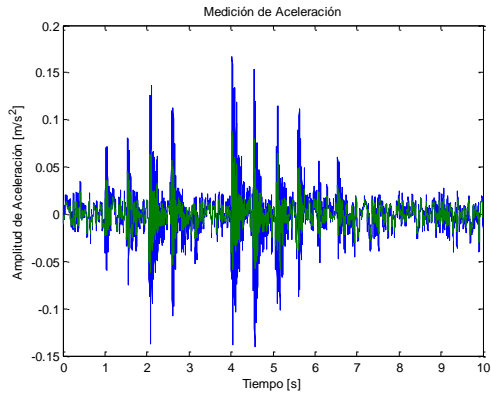
**Figura B57. Casa N°3, Individuo 2, 2.0 Hz.**



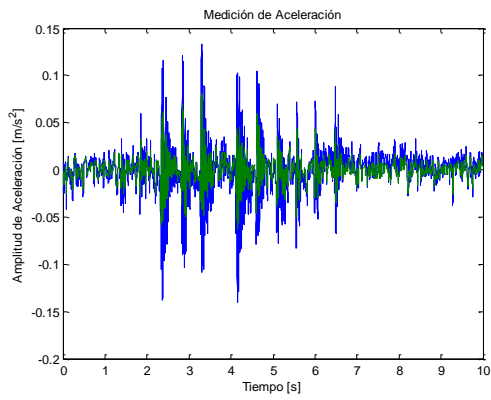
**Figura B55. Casa N°3, Individuo 2, 1.8 Hz.**



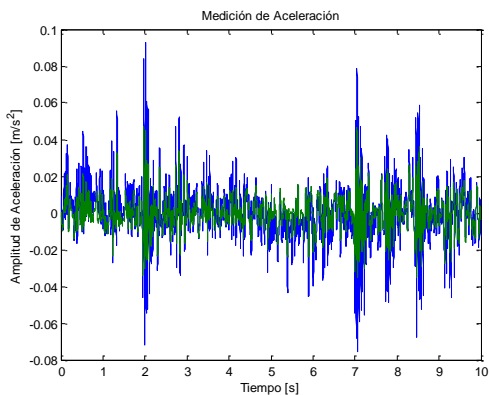
**Figura B58. Casa N°3, Individuo 2, 2.0 Hz.**



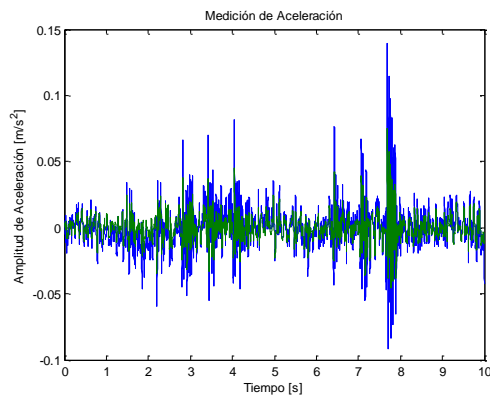
**Figura B59. Casa N°3, Individuo 2, 2.2 Hz.**



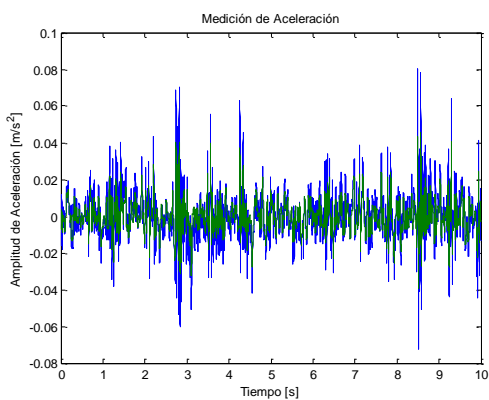
**Figura B60. Casa N°3, Individuo 2, 2.2 Hz.**



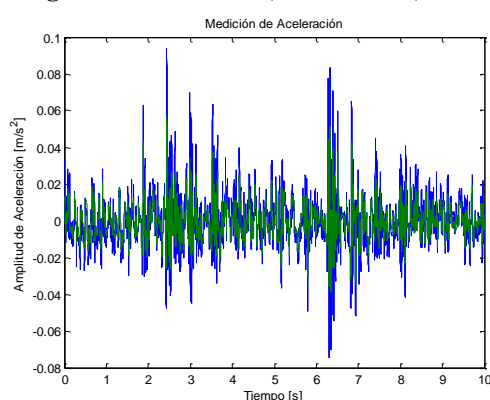
**Figura B61. Casa N°4, Individuo 1, 1.4 Hz.**



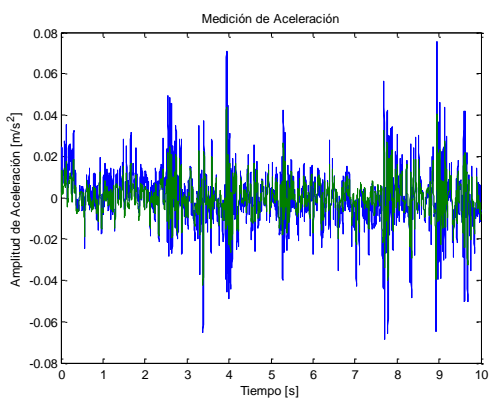
**Figura B64. Casa N°4, Individuo 1, 1.6 Hz.**



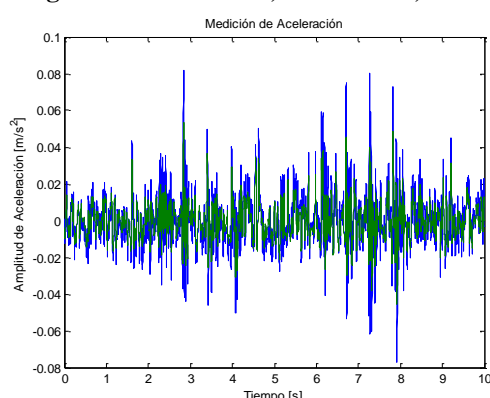
**Figura B62. Casa N°4, Individuo 1, 1.4 Hz.**



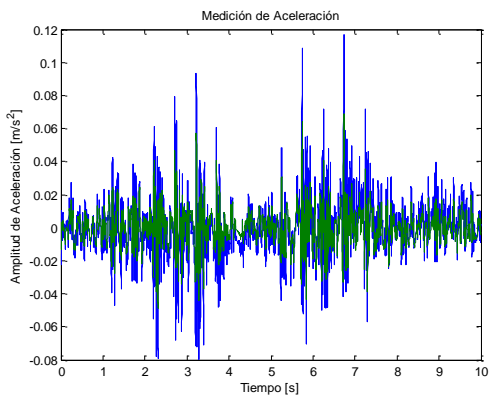
**Figura B65. Casa N°4, Individuo 1, 1.8 Hz.**



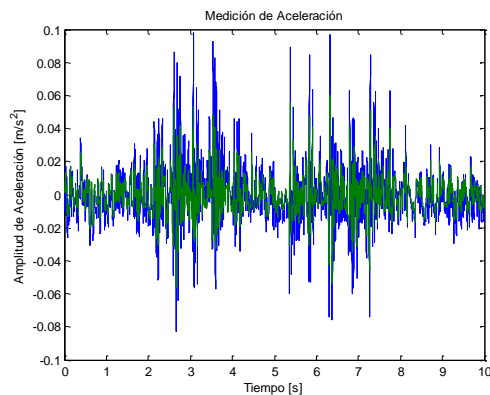
**Figura B63. Casa N°4, Individuo 1, 1.6 Hz.**



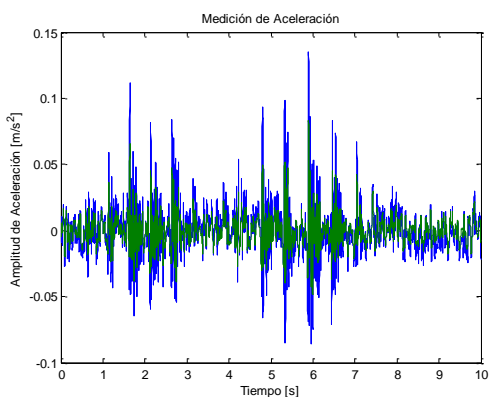
**Figura B66. Casa N°4, Individuo 1, 1.8 Hz.**



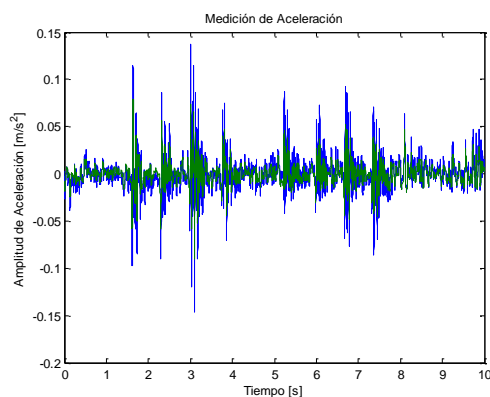
**Figura B67. Casa N°4, Individuo 1, 2.0 Hz.**



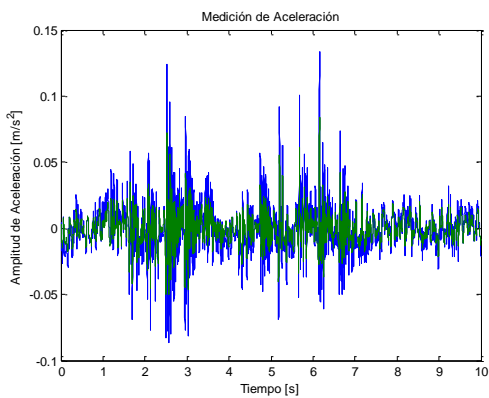
**Figura B70. Casa N°4, Individuo 1, 2.2 Hz.**



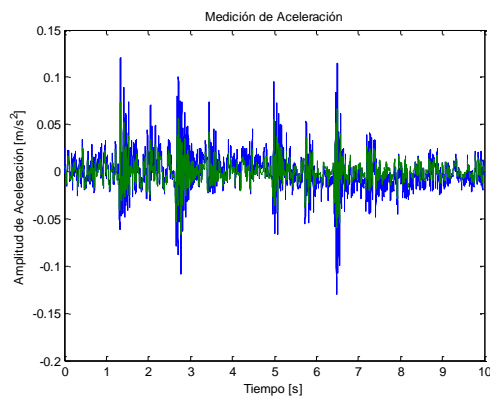
**Figura B68. Casa N°4, Individuo 1, 2.0 Hz.**



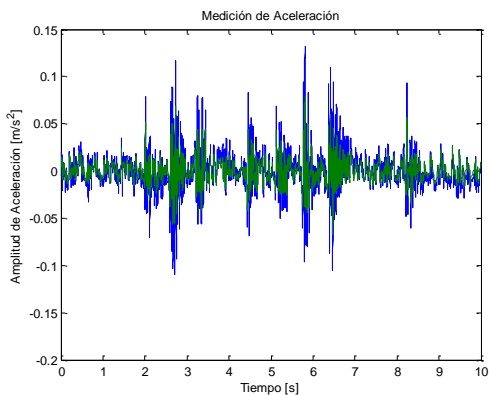
**Figura B71. Casa N°4, Individuo 2, 1.4 Hz.**



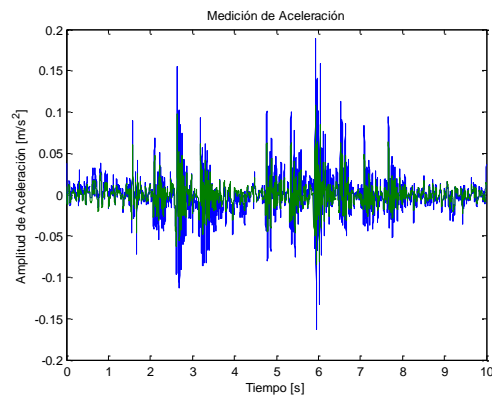
**Figura B69. Casa N°4, Individuo 1, 2.2 Hz.**



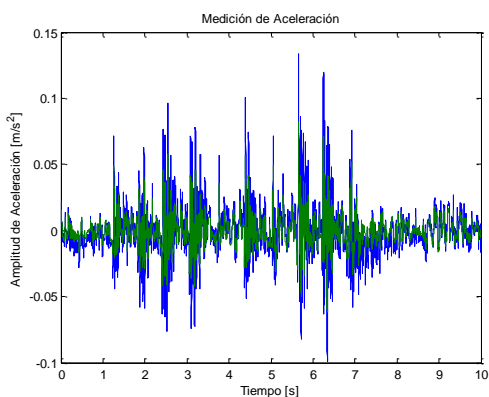
**Figura B72. Casa N°4, Individuo 2, 1.4 Hz.**



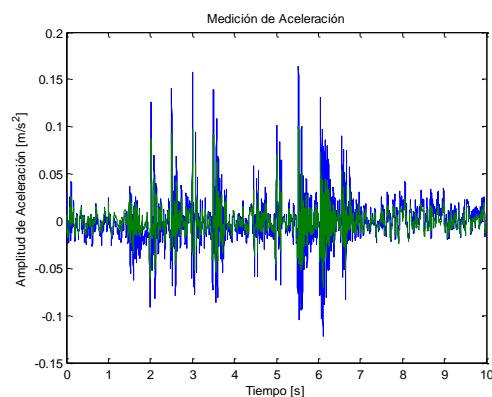
**Figura B73. Casa N°4, Individuo 2, 1.6 Hz.**



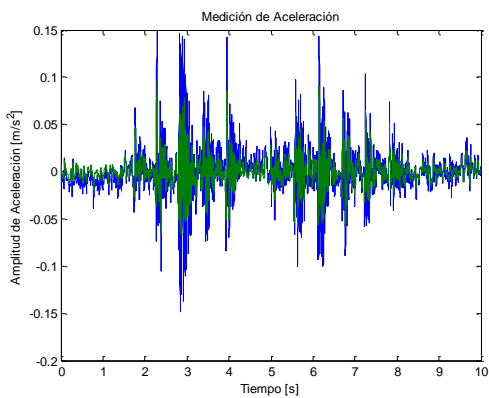
**Figura B76. Casa N°4, Individuo 2, 1.8 Hz.**



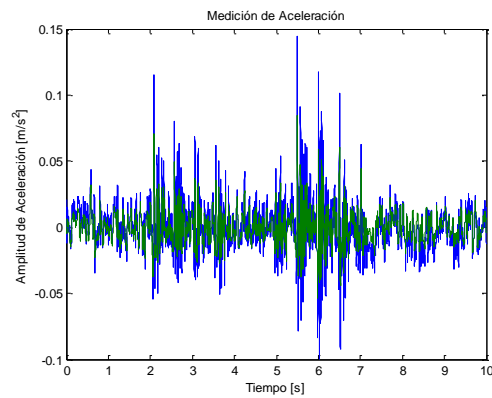
**Figura B74. Casa N°4, Individuo 2, 1.6 Hz.**



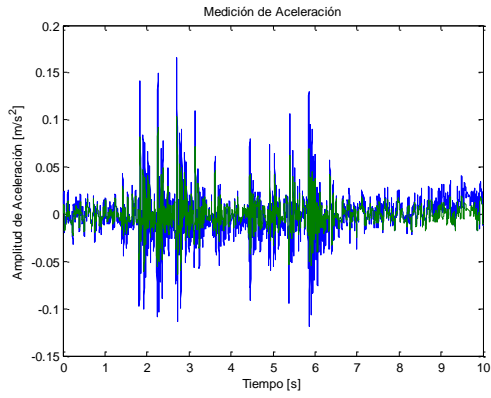
**Figura B77. Casa N°4, Individuo 2, 2.0 Hz.**



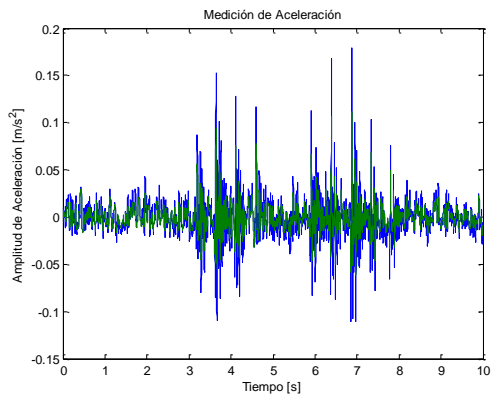
**Figura B75. Casa N°4, Individuo 2, 1.8 Hz.**



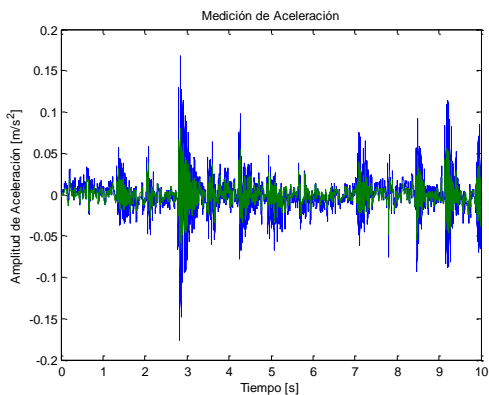
**Figura B78. Casa N°4, Individuo 2, 2.0 Hz.**



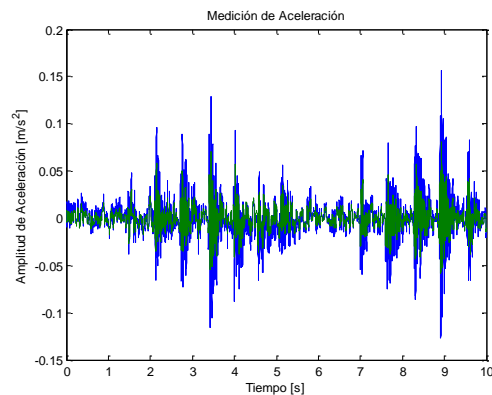
**Figura B79. Casa N°4, Individuo 2, 2.2 Hz.**



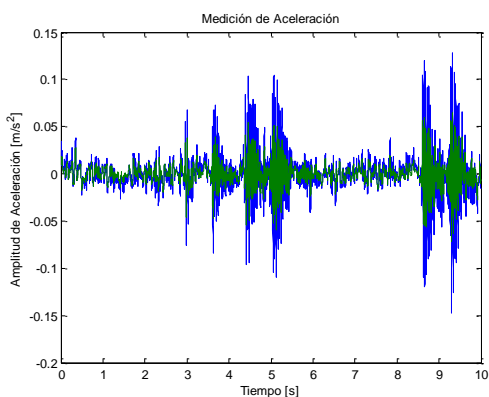
**Figura B80. Casa N°4, Individuo 2, 2.2 Hz.**



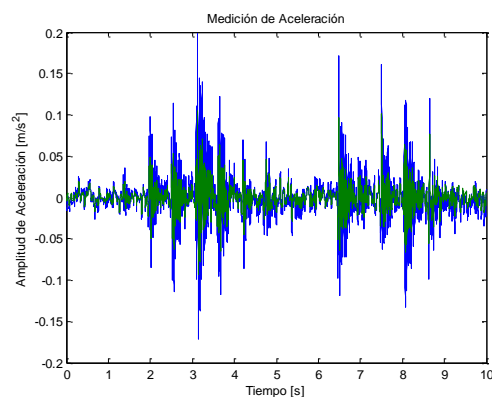
**Figura B81. Casa N°5, Individuo 1, 1.4 Hz.**



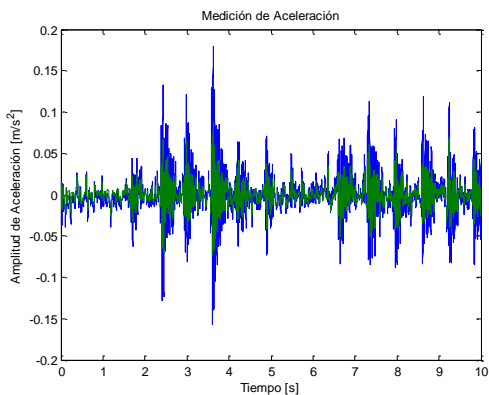
**Figura B84. Casa N°5, Individuo 1, 1.6 Hz.**



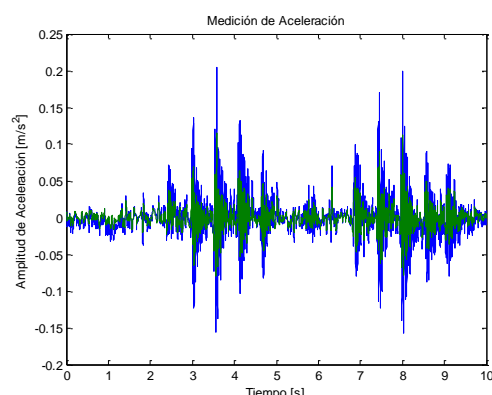
**Figura B82. Casa N°5, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B85. Casa N°5, Individuo 1, 1.8 Hz.**

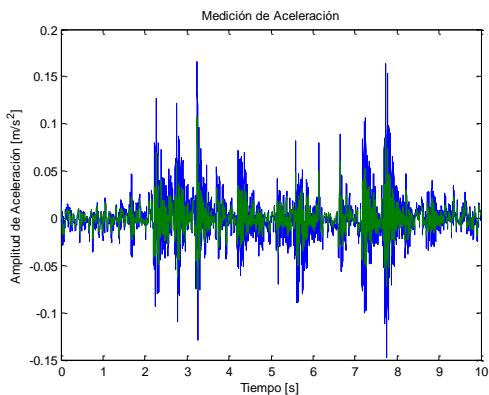


**Figura B83. Casa N°5, Individuo 1, 1.6 Hz.**

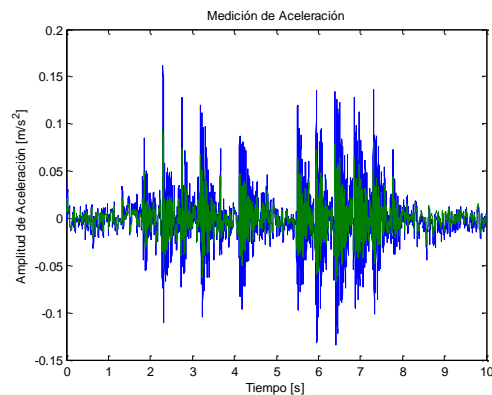


**Figura B86. Casa N°5, Individuo 1, 1.8 Hz.**

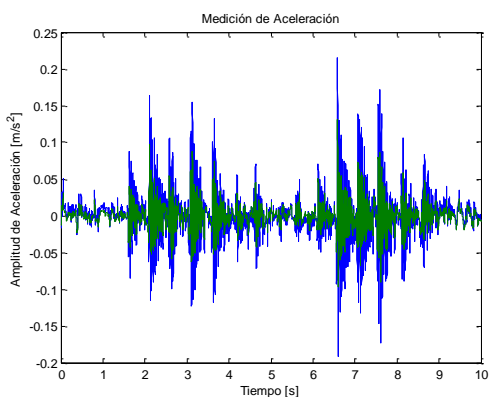




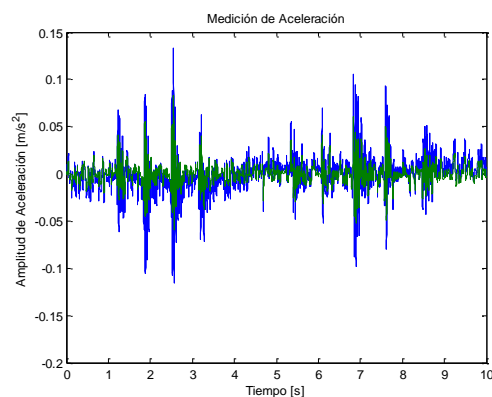
**Figura B87. Casa N°5, Individuo 1, 2.0 Hz.**



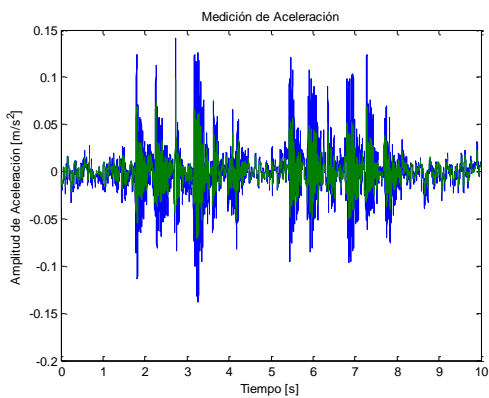
**Figura B90. Casa N°5, Individuo 1, 2.2 Hz.**



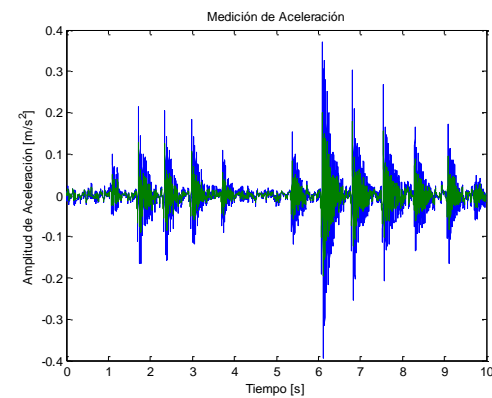
**Figura B88. Casa N°5, Individuo 1, 2.0 Hz.**



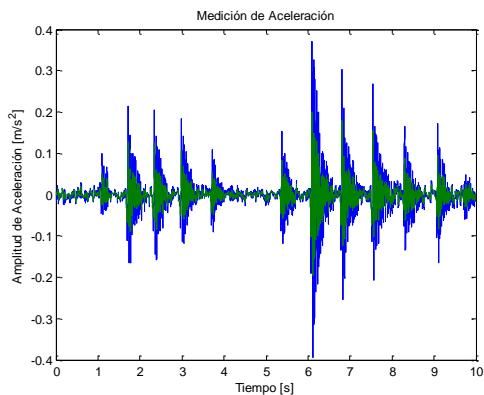
**Figura B91. Casa N°5, Individuo 2, 1.4 Hz.**



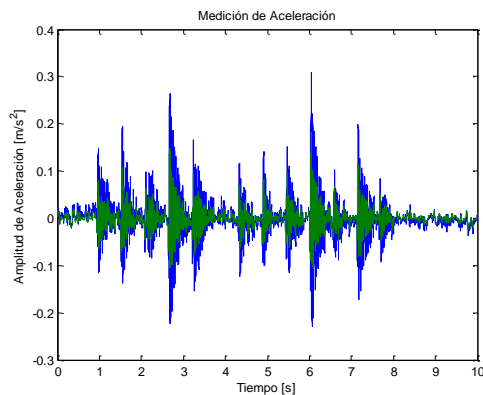
**Figura B89. Casa N°5, Individuo 1, 2.2 Hz.**



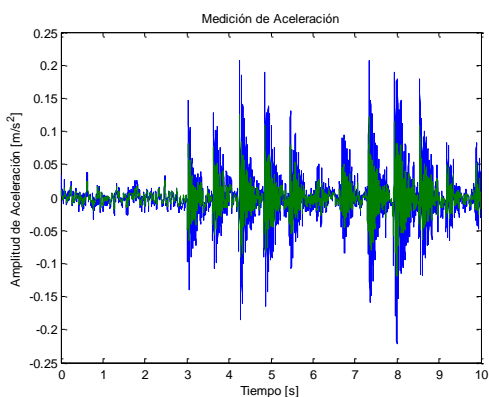
**Figura B92. Casa N°5, Individuo 2, 1.4 Hz.**



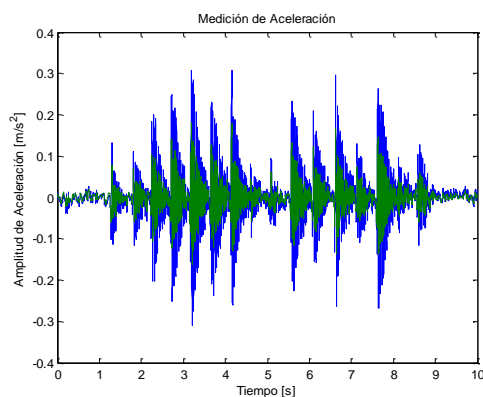
**Figura B93. Casa N°5, Individuo 2, 1.6 Hz.**



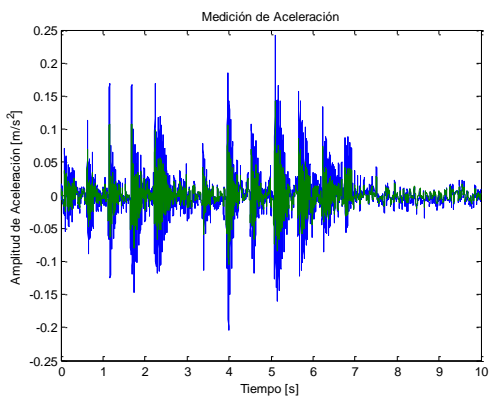
**Figura B96. Casa N°5, Individuo 2, 1.6 Hz.**



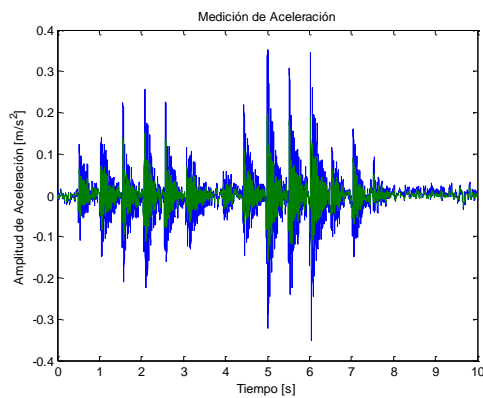
**Figura B94. Casa N°5, Individuo 2, 1.6 Hz.**



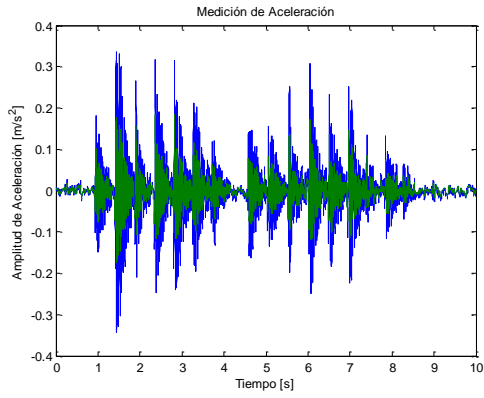
**Figura B97. Casa N°5, Individuo 2, 2.0 Hz.**



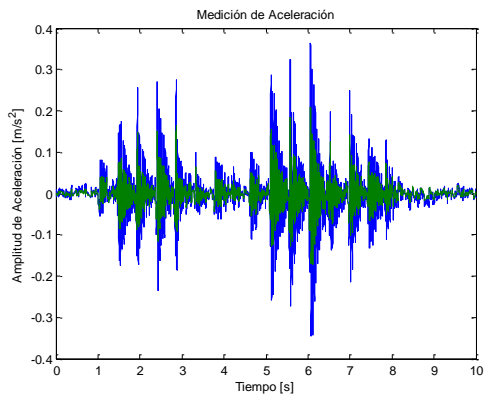
**Figura B95. Casa N°5, Individuo 2, 1.8 Hz.**



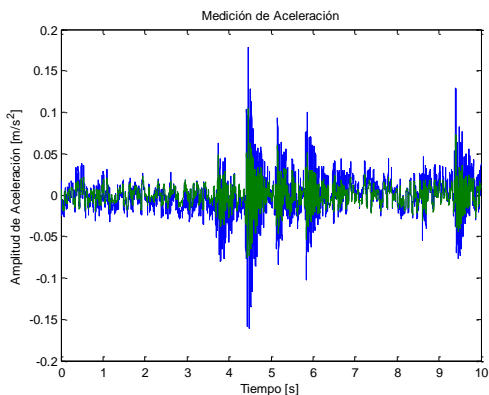
**Figura B98. Casa N°5, Individuo 2, 2.0 Hz.**



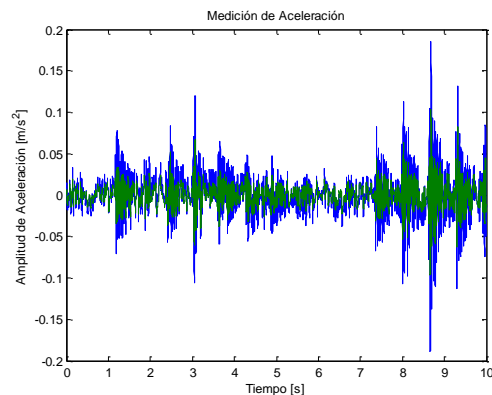
**Figura B99. Casa N°5, Individuo 2, 2.2 Hz.**



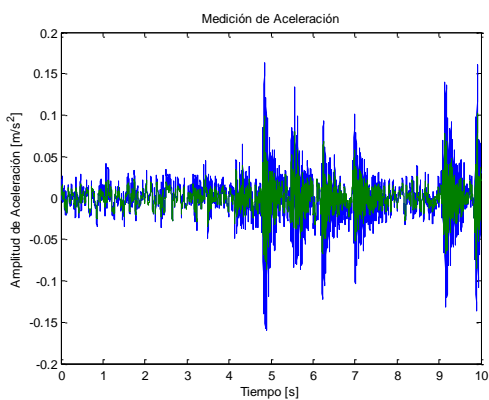
**Figura B100. Casa N°5, Individuo 2, 2.2 Hz.**



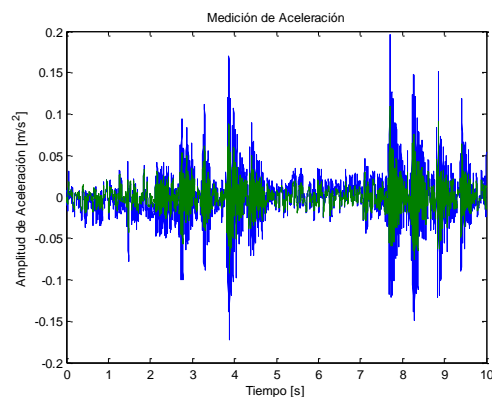
**Figura B101. Casa N°6, Individuo 1, 1.4 Hz.**



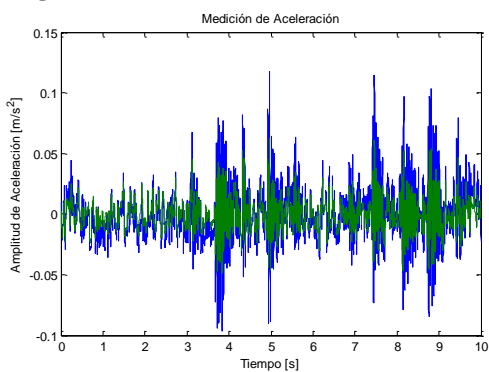
**Figura B104. Casa N°6, Individuo 1, 1.6 Hz.**



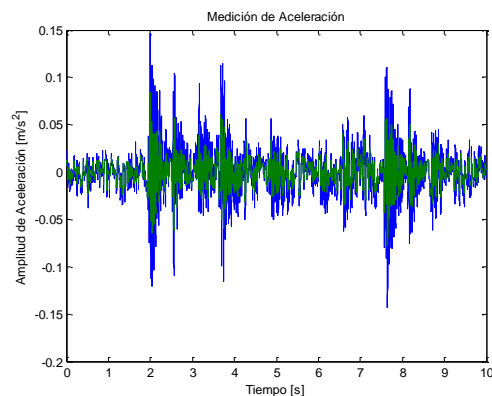
**Figura B102. Casa N°6, Individuo 1, 1.4 Hz.**



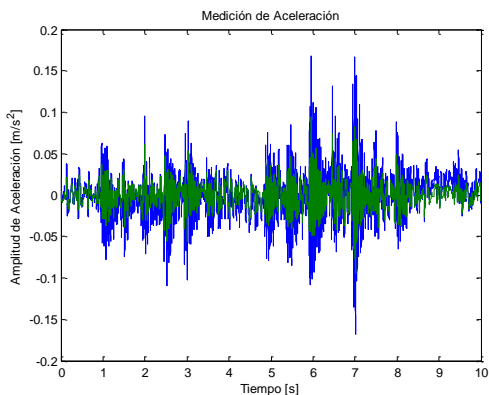
**Figura B105. Casa N°6, Individuo 1, 1.8 Hz.**



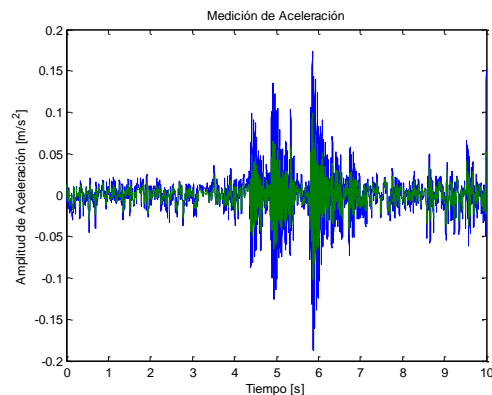
**Figura B103. Casa N°6, Individuo 1, 1.6 Hz.**



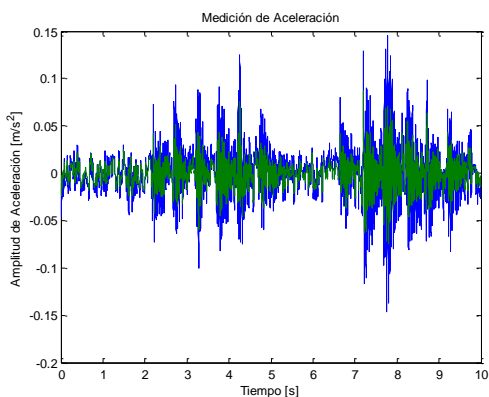
**Figura B106. Casa N°6, Individuo 1, 1.8 Hz.**



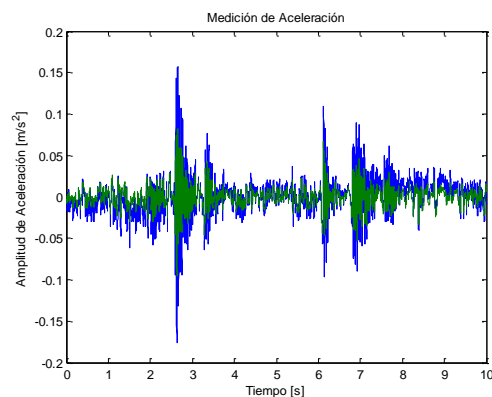
**Figura B107. Casa N°6, Individuo 1, 2.0 Hz.**



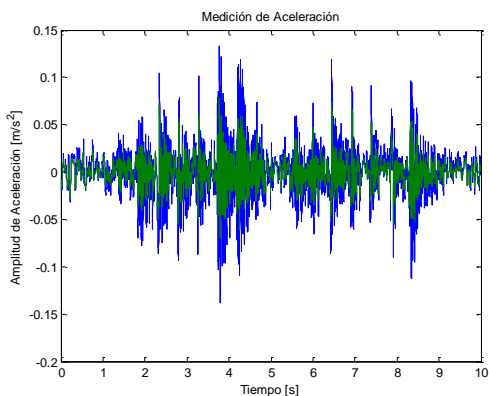
**Figura B110. Casa N°6, Individuo 1, 2.2 Hz.**



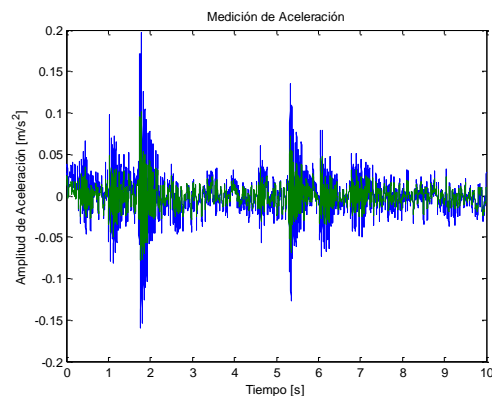
**Figura B108. Casa N°6, Individuo 1, 2.0 Hz.**



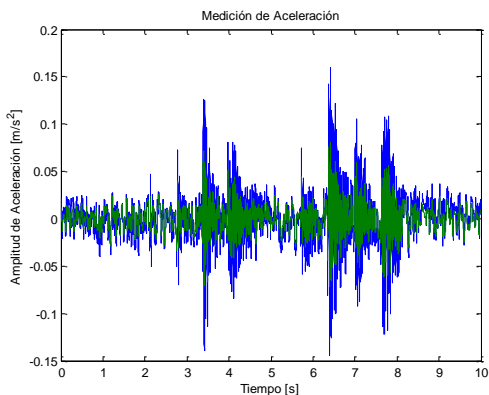
**Figura B111. Casa N°6, Individuo 2, 1.4 Hz.**



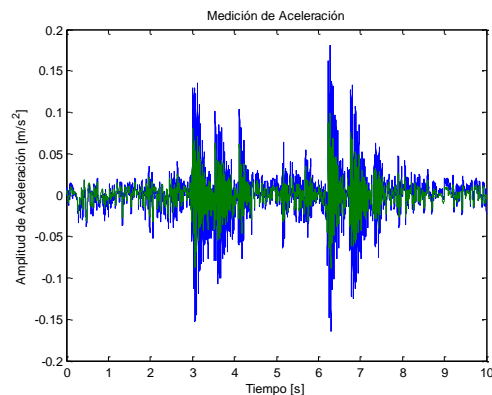
**Figura B109. Casa N°6, Individuo 1, 2.2 Hz.**



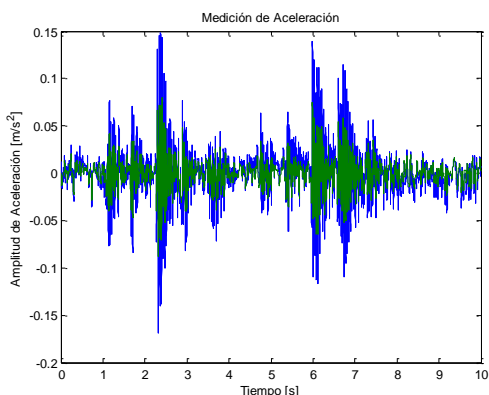
**Figura B112. Casa N°6, Individuo 2, 1.4 Hz.**



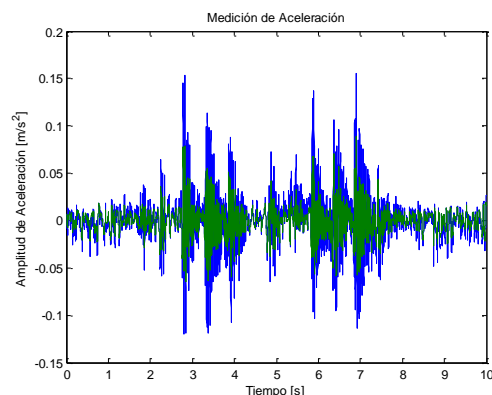
**Figura B113. Casa N°6, Individuo 2, 1.6 Hz.**



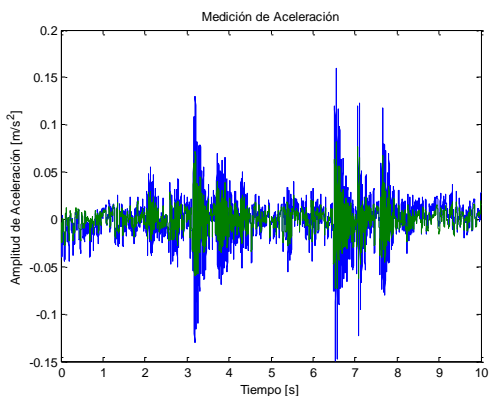
**Figura B116. Casa N°6, Individuo 2, 1.8 Hz.**



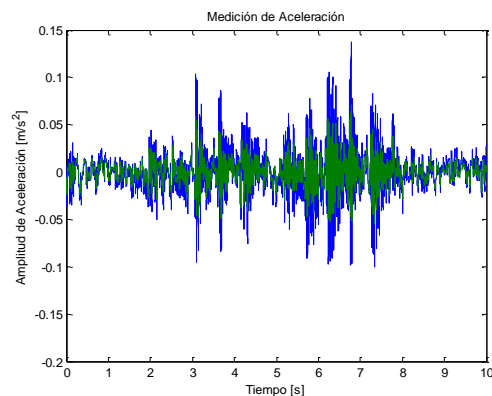
**Figura B114. Casa N°6, Individuo 2, 1.6 Hz.**



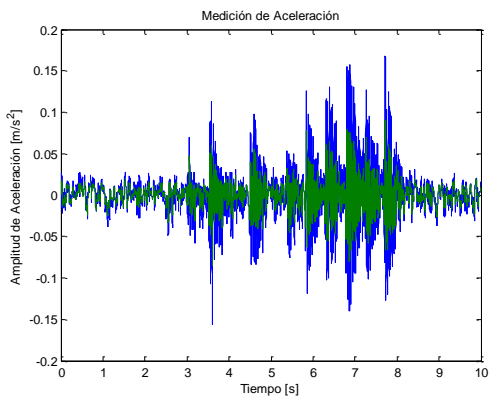
**Figura B117. Casa N°6, Individuo 2, 2.0 Hz.**



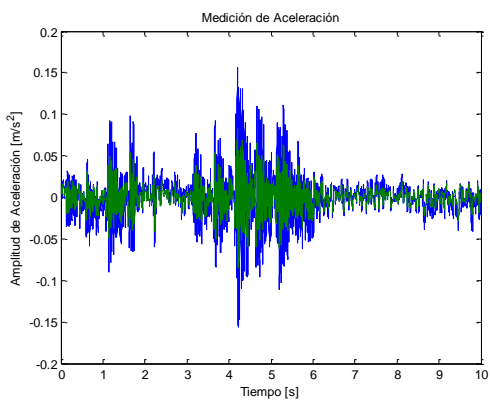
**Figura B115. Casa N°6, Individuo 2, 1.8 Hz.**



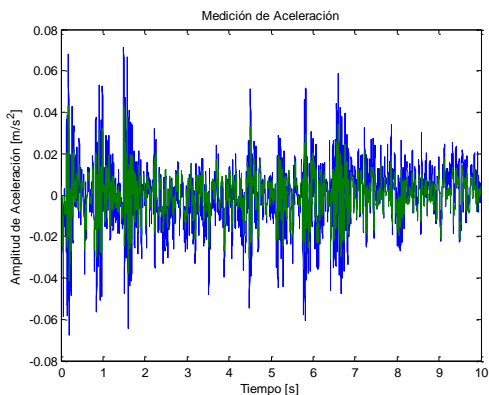
**Figura B118. Casa N°6, Individuo 2, 2.0 Hz.**



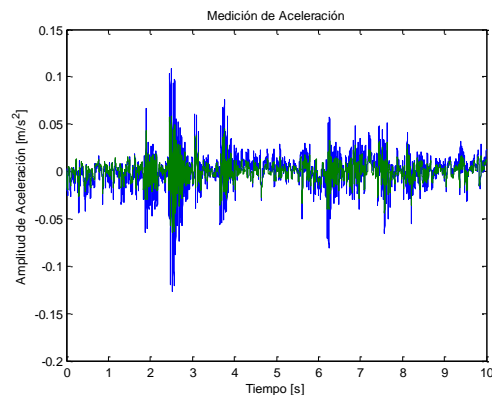
**Figura B119. Casa N°6, Individuo 2, 2.2 Hz.**



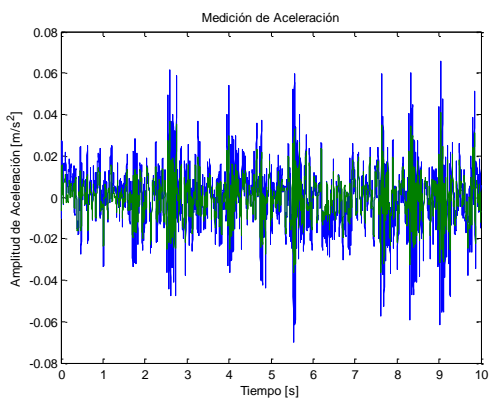
**Figura B120. Casa N°6, Individuo 2, 2.2 Hz.**



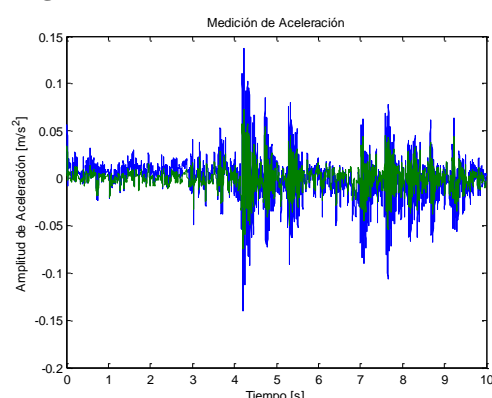
**Figura B121. Casa N°7, Individuo 1, 1.4 Hz.**



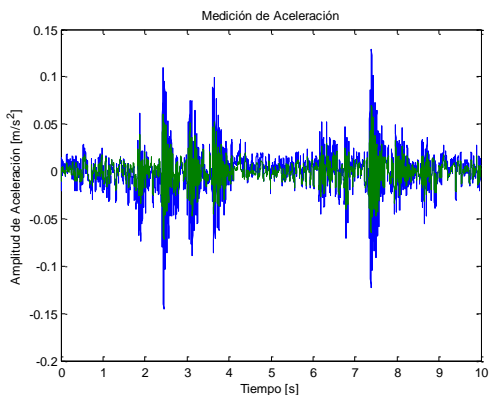
**Figura B124. Casa N°7, Individuo 1, 1.6 Hz.**



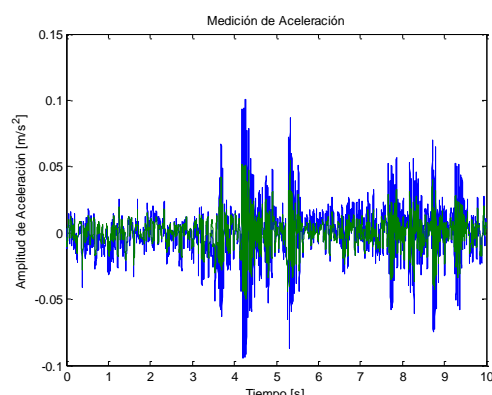
**Figura B122. Casa N°7, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B125. Casa N°7, Individuo 1, 1.8 Hz.**

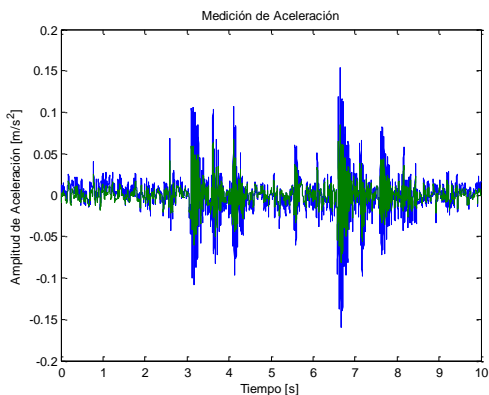


**Figura B123. Casa N°7, Individuo 1, 1.6 Hz.**

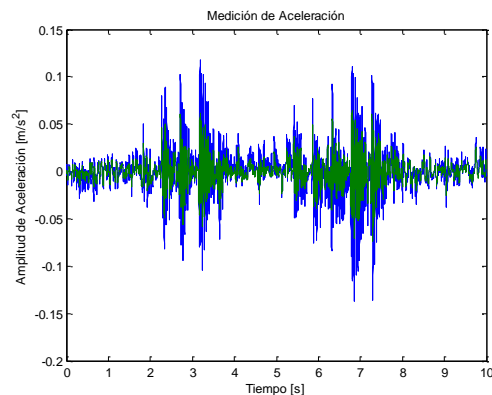


**Figura B126. Casa N°7, Individuo 1, 1.8 Hz.**

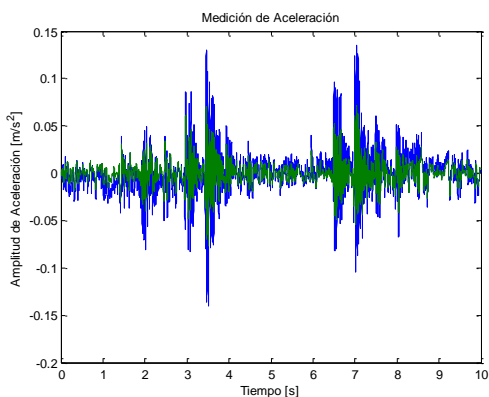




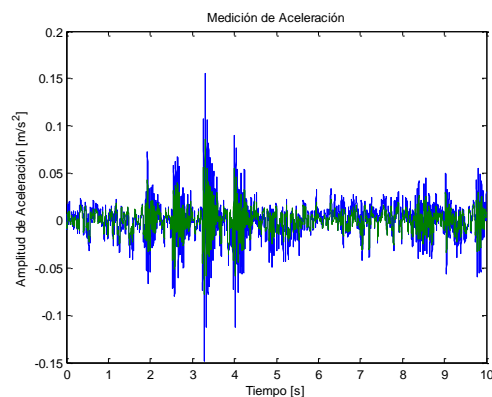
**Figura B127. Casa N°7, Individuo 1, 2.0 Hz.**



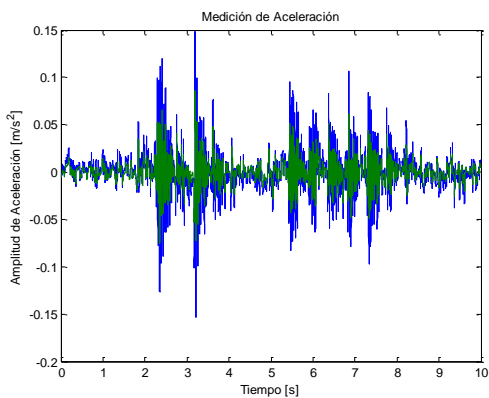
**Figura B130. Casa N°7, Individuo 1, 2.2 Hz.**



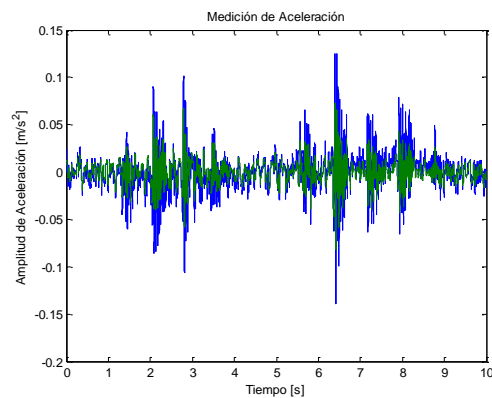
**Figura B128. Casa N°7, Individuo 1, 2.0 Hz.**



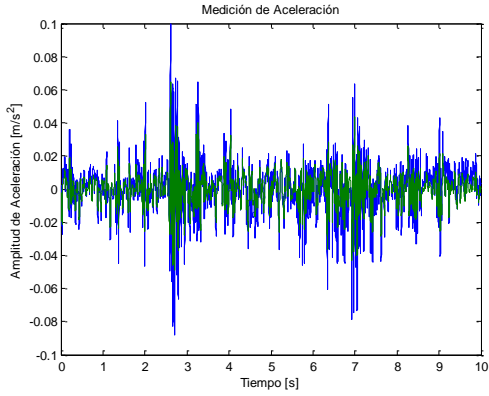
**Figura B131. Casa N°7, Individuo 2, 1.4 Hz.**



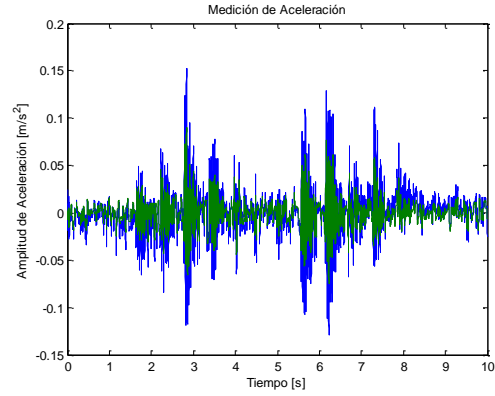
**Figura B129. Casa N°7, Individuo 1, 2.2 Hz.**



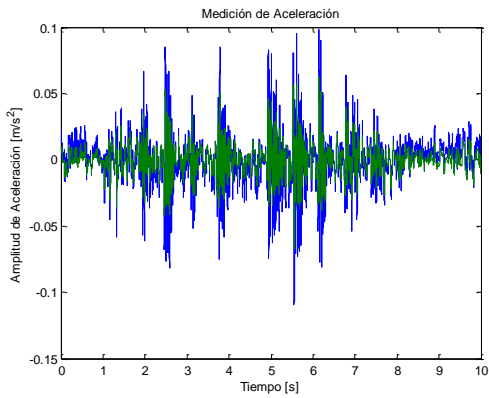
**Figura B132. Casa N°7, Individuo 2, 1.4 Hz.**



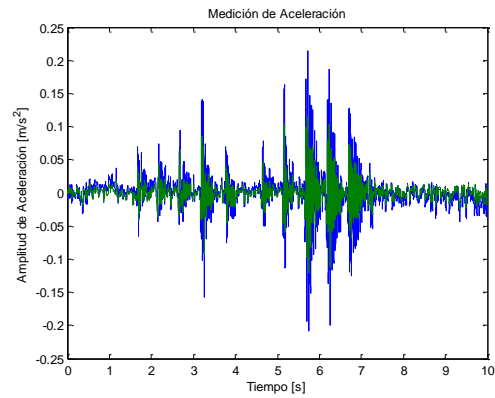
**Figura B133. Casa N°7, Individuo 2, 1.6 Hz.**



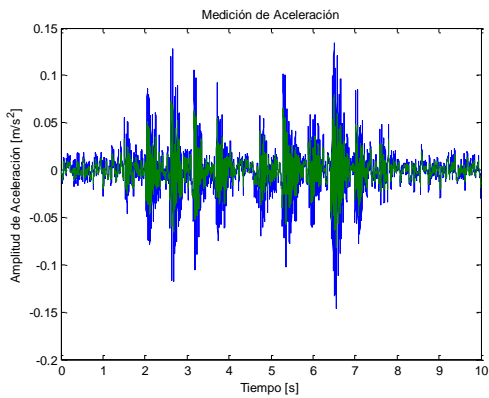
**Figura B136. Casa N°7, Individuo 2, 1.8 Hz.**



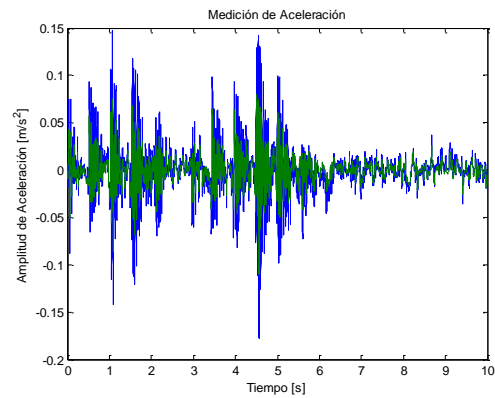
**Figura B134. Casa N°7, Individuo 2, 1.6 Hz.**



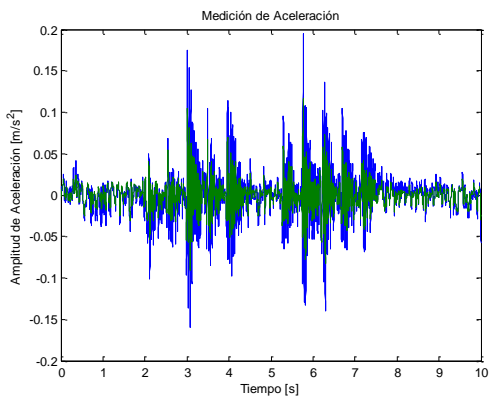
**Figura B137. Casa N°7, Individuo 2, 2.0 Hz.**



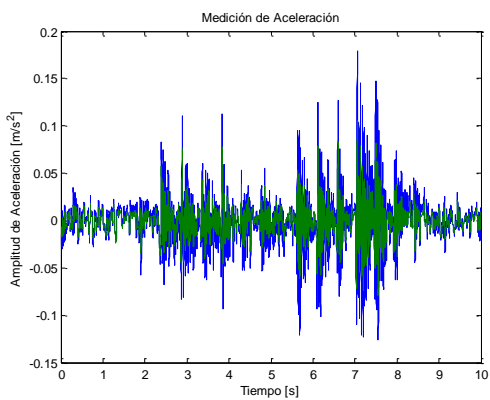
**Figura B135. Casa N°7, Individuo 2, 1.8 Hz.**



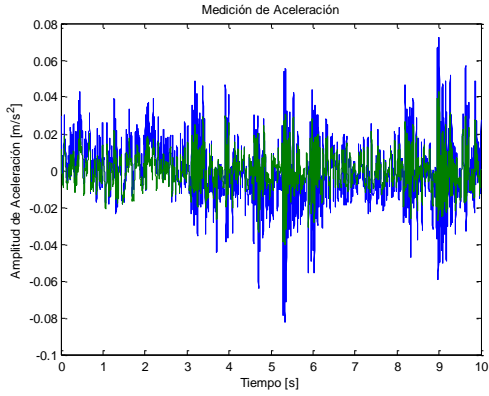
**Figura B138. Casa N°7, Individuo 2, 2.0 Hz.**



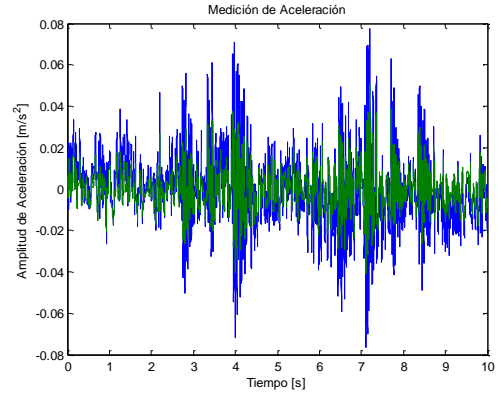
**Figura B139. Casa N°7, Individuo 2, 2.2 Hz.**



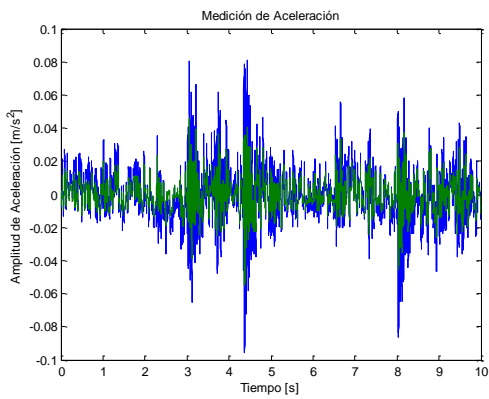
**Figura B140. Casa N°7, Individuo 2, 2.2 Hz.**



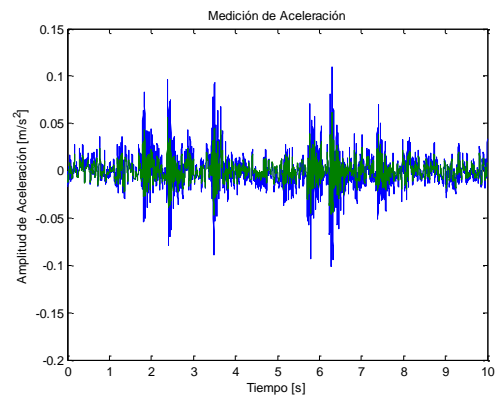
**Figura B141. Casa N°8, Individuo 1, 1.4 Hz.**



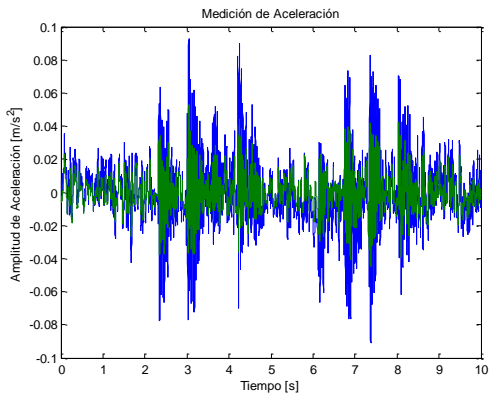
**Figura B144. Casa N°8, Individuo 1, 1.6 Hz.**



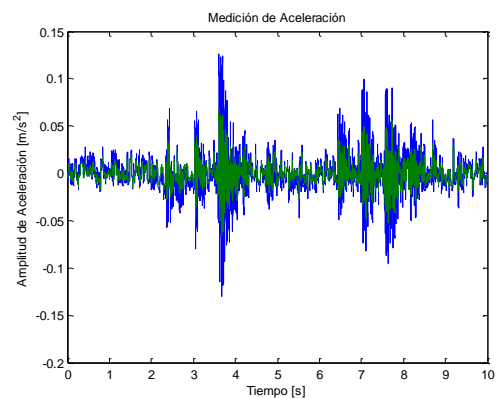
**Figura B142. Casa N°8, Individuo 1, 1.4 Hz.**



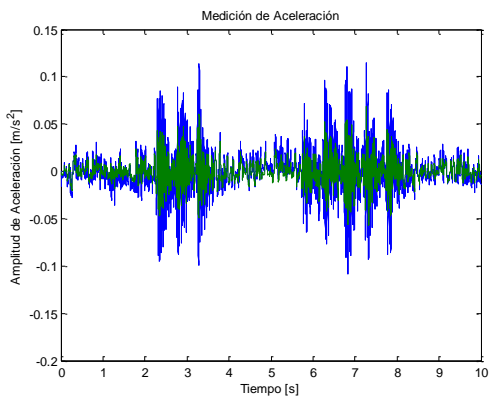
**Figura B145. Casa N°8, Individuo 1, 1.8 Hz.**



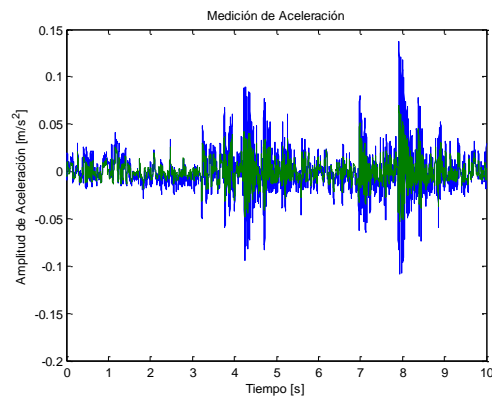
**Figura B143. Casa N°8, Individuo 1, 1.6 Hz.**



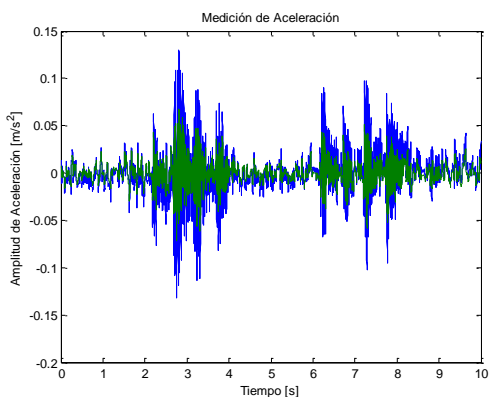
**Figura B146. Casa N°8, Individuo 1, 1.8 Hz.**



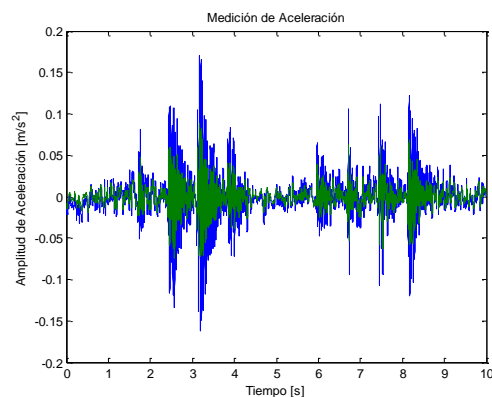
**Figura B147. Casa N°8, Individuo 1, 2.0 Hz.**



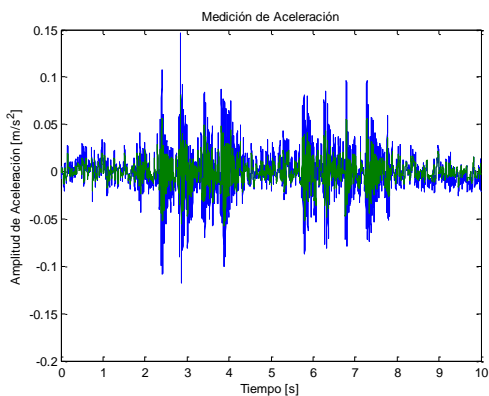
**Figura B150. Casa N°8, Individuo 1, 2.2 Hz.**



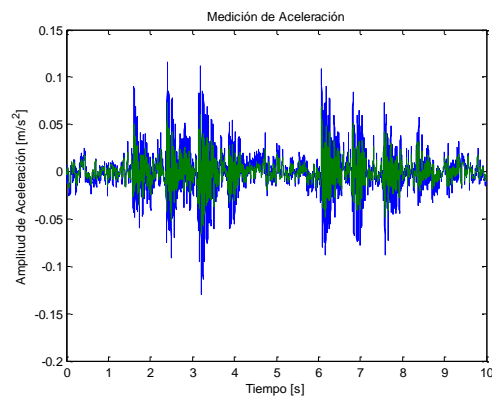
**Figura B148. Casa N°8, Individuo 1, 2.0 Hz.**



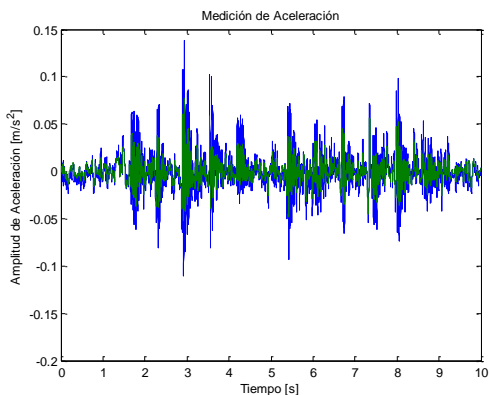
**Figura B151. Casa N°8, Individuo 2, 1.4 Hz.**



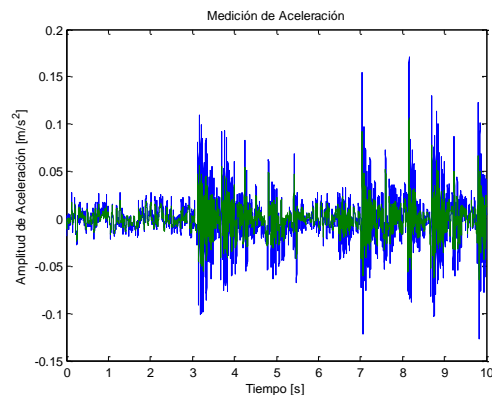
**Figura B149. Casa N°8, Individuo 1, 2.2 Hz.**



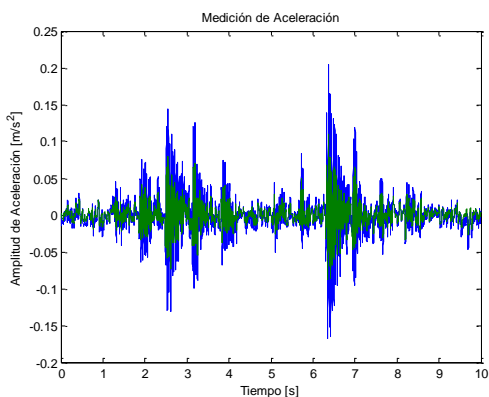
**Figura B152. Casa N°8, Individuo 2, 1.4 Hz.**



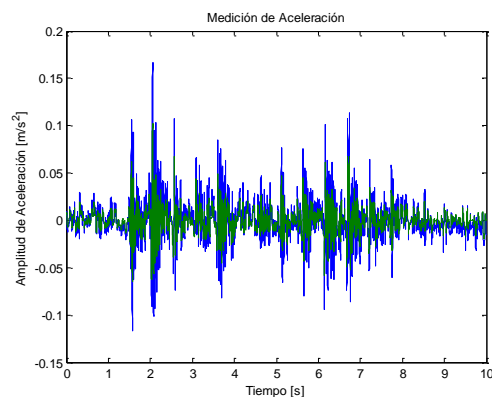
**Figura B153. Casa N°8, Individuo 2, 1.6 Hz.**



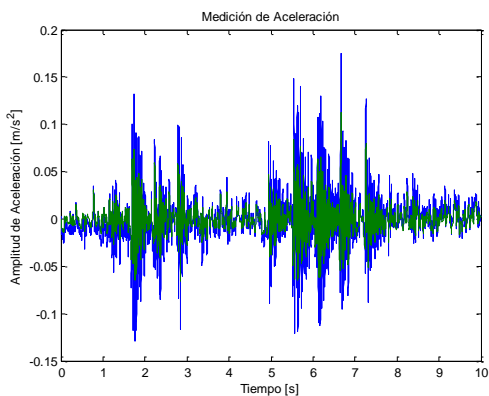
**Figura B156. Casa N°8, Individuo 2, 1.8 Hz.**



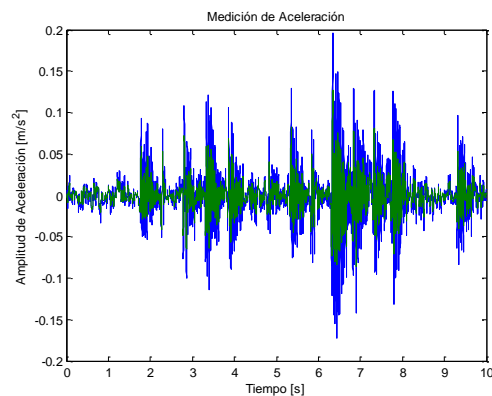
**Figura B154. Casa N°8, Individuo 2, 1.6 Hz.**



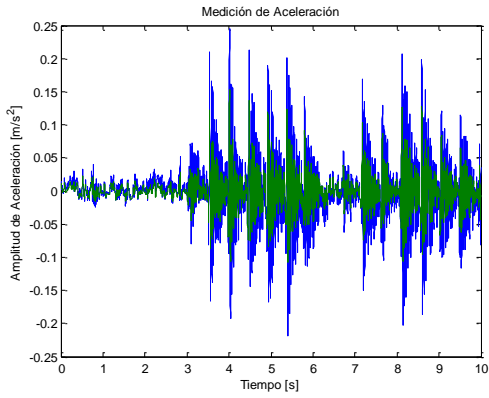
**Figura B157. Casa N°8, Individuo 2, 2.0 Hz.**



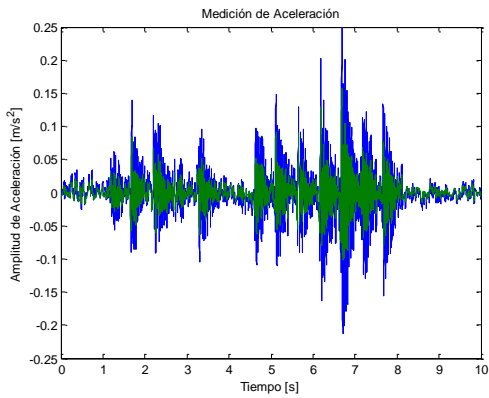
**Figura B155. Casa N°8, Individuo 2, 1.8 Hz.**



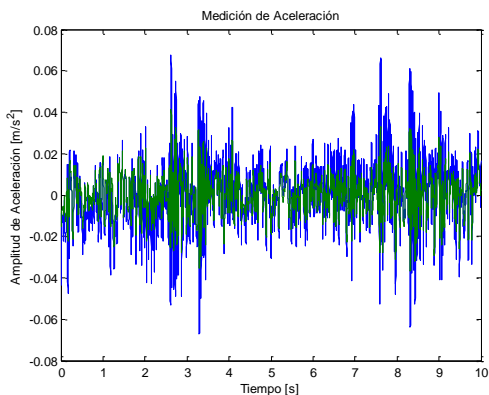
**Figura B158. Casa N°8, Individuo 2, 2.0 Hz.**



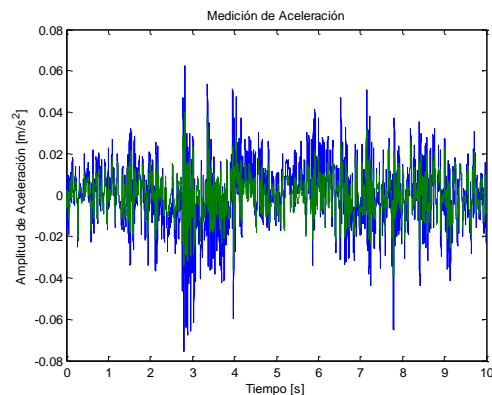
**Figura B159. Casa N°8, Individuo 2, 2.2 Hz.**



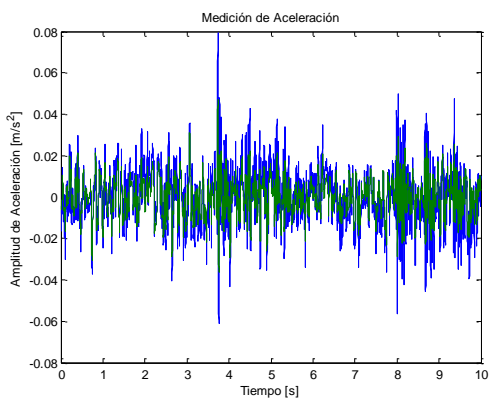
**Figura B160. Casa N°8, Individuo 2, 2.2 Hz.**



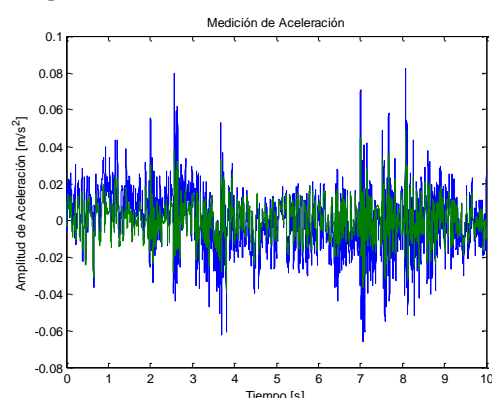
**Figura B161. Casa N°9, Individuo 1, 1.4 Hz.**



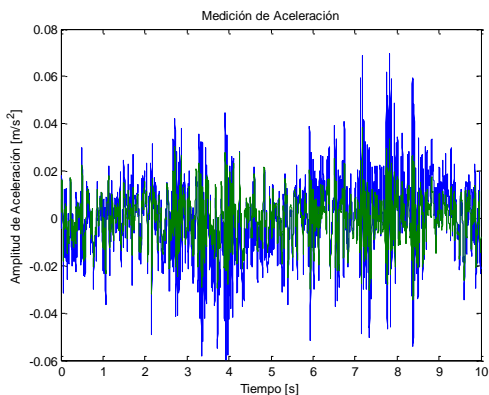
**Figura B164. Casa N°9, Individuo 1, 1.6 Hz.**



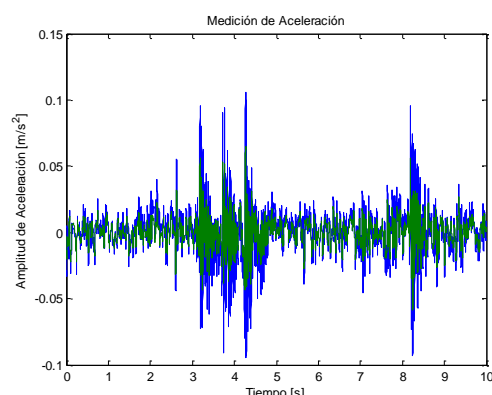
**Figura B162. Casa N°9, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B165. Casa N°9, Individuo 1, 1.8 Hz.**

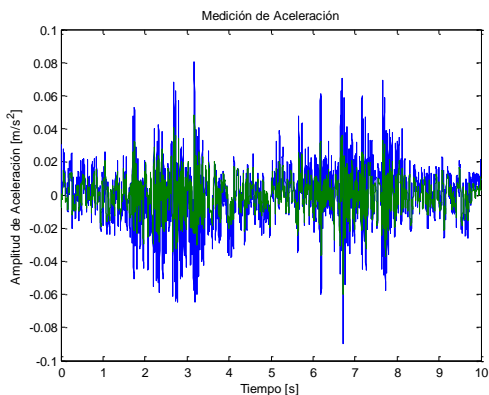


**Figura B163. Casa N°9, Individuo 1, 1.6 Hz.**

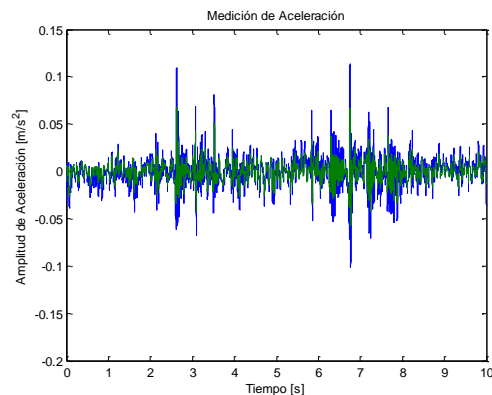


**Figura B166. Casa N°9, Individuo 1, 1.8 Hz.**

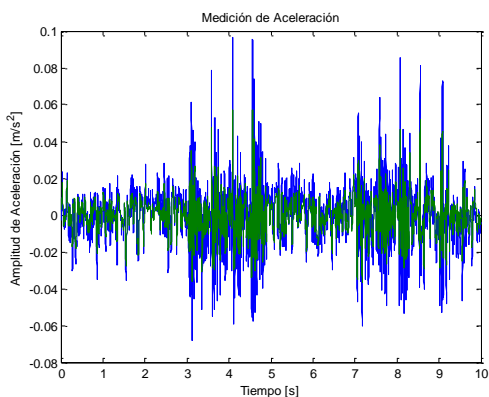




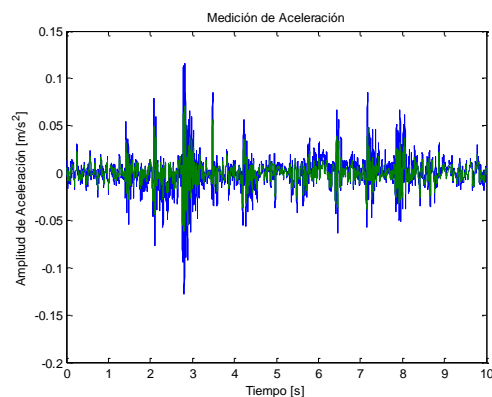
**Figura B167. Casa N°9, Individuo 1, 2.0 Hz.**



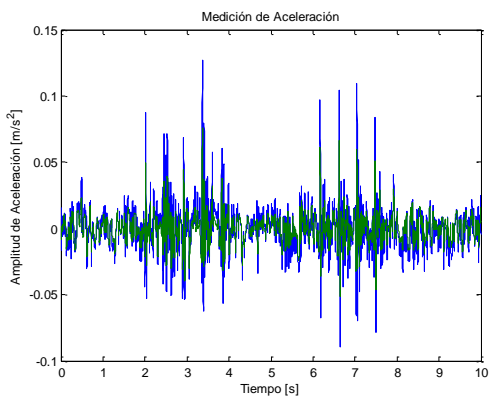
**Figura B170. Casa N°9, Individuo 1, 2.2 Hz.**



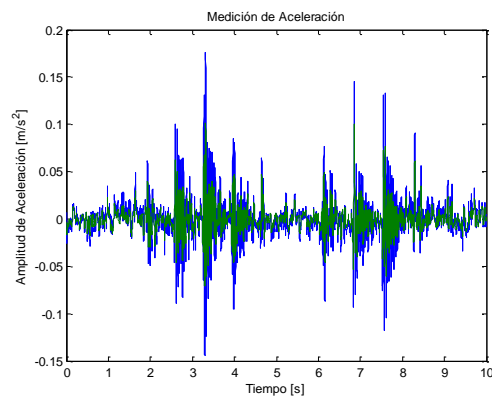
**Figura B168. Casa N°9, Individuo 1, 2.0 Hz.**



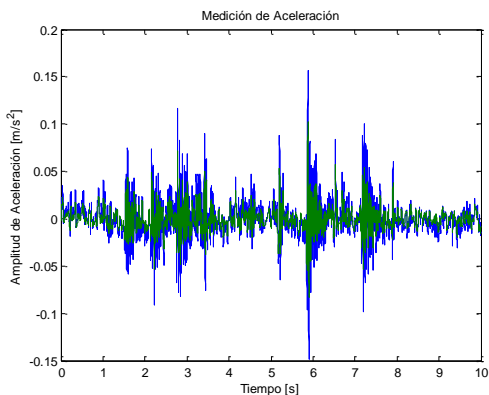
**Figura B171. Casa N°9, Individuo 2, 1.4 Hz.**



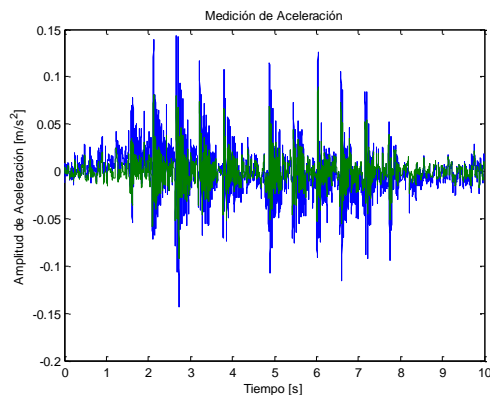
**Figura B169. Casa N°9, Individuo 1, 2.2 Hz.**



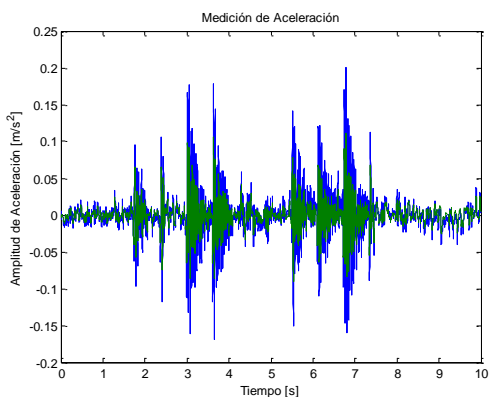
**Figura B172. Casa N°9, Individuo 2, 1.4 Hz.**



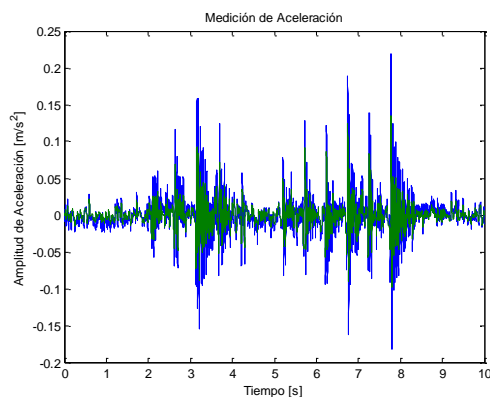
**Figura B173. Casa N°9, Individuo 2, 1.6 Hz.**



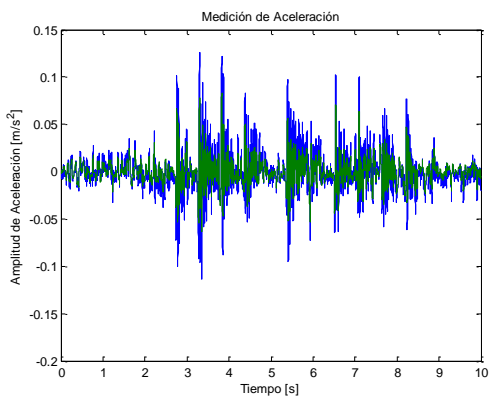
**Figura B176. Casa N°9, Individuo 2, 1.8 Hz.**



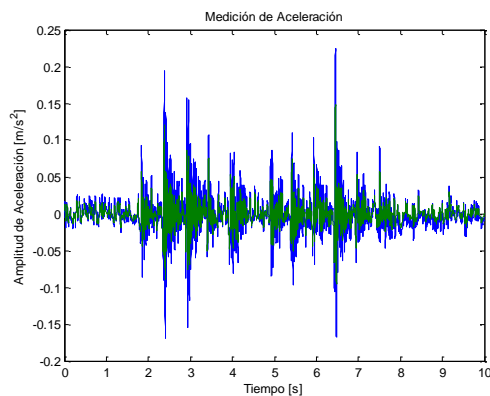
**Figura B174. Casa N°9, Individuo 2, 1.6 Hz.**



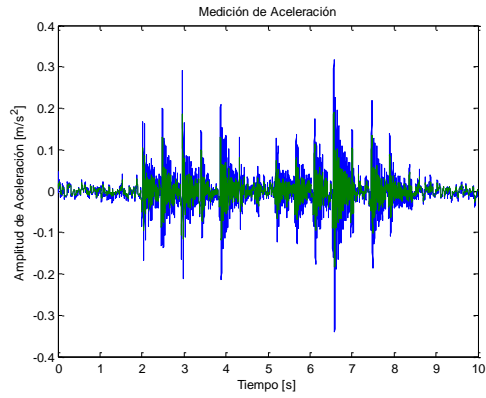
**Figura B177. Casa N°9, Individuo 2, 2.0 Hz.**



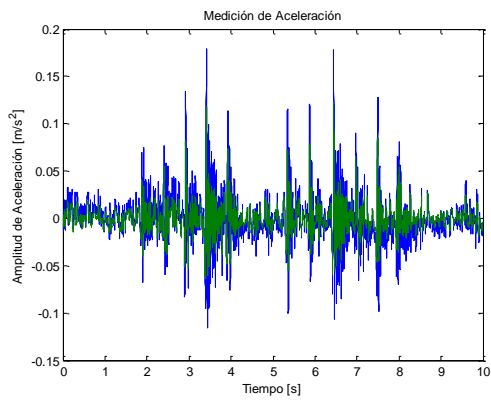
**Figura B175. Casa N°9, Individuo 2, 1.8 Hz.**



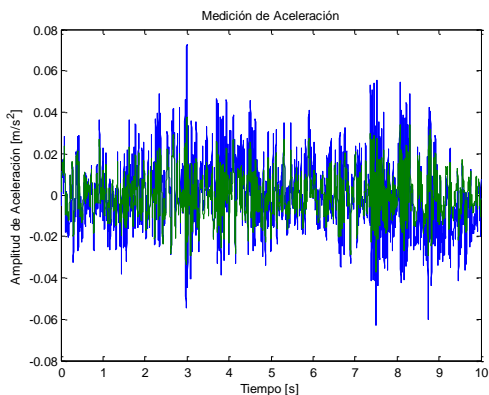
**Figura B178. Casa N°9, Individuo 2, 2.0 Hz.**



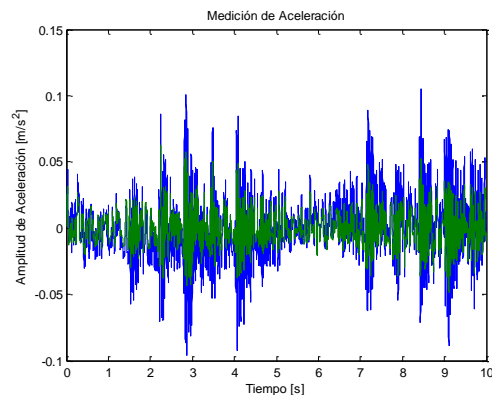
**Figura B179. Casa N°9, Individuo 2, 2.2 Hz.**



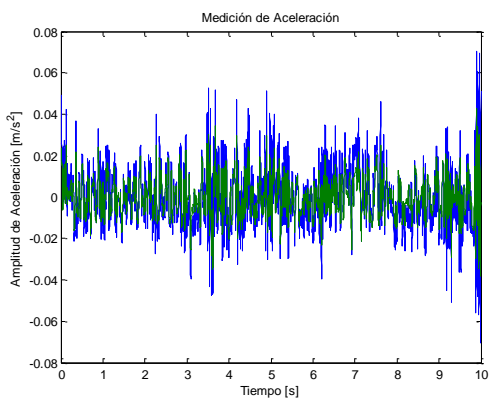
**Figura B180. Casa N°9, Individuo 2, 2.2 Hz.**



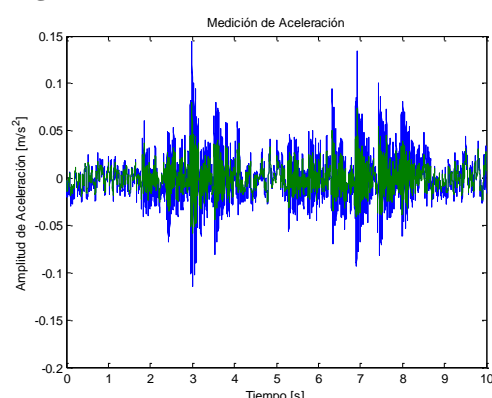
**Figura B181. Casa N°10, Individuo 1, 1.4 Hz.**



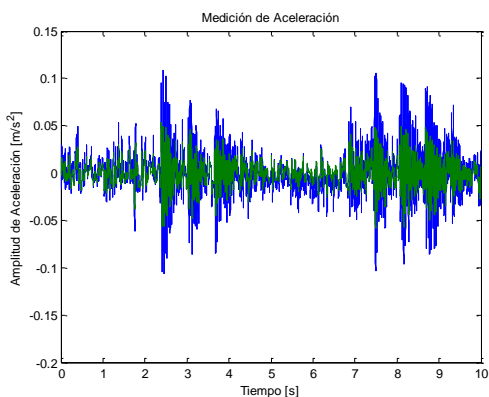
**Figura B184. Casa N°10, Individuo 1, 1.6 Hz.**



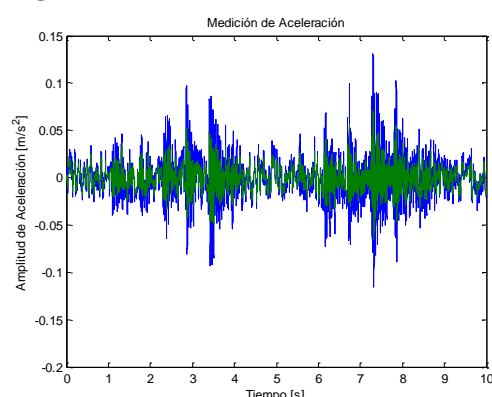
**Figura B182. Casa N°10, Individuo 1, 1.4 Hz.**



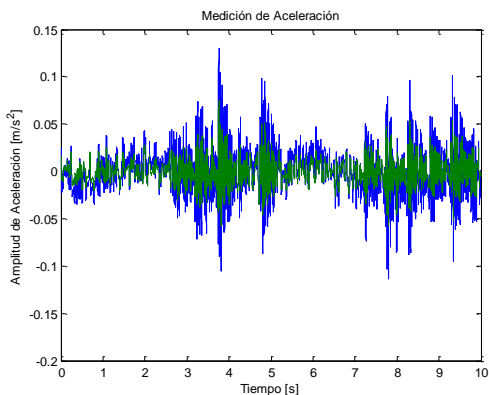
**Figura B185. Casa N°10, Individuo 1, 1.8 Hz.**



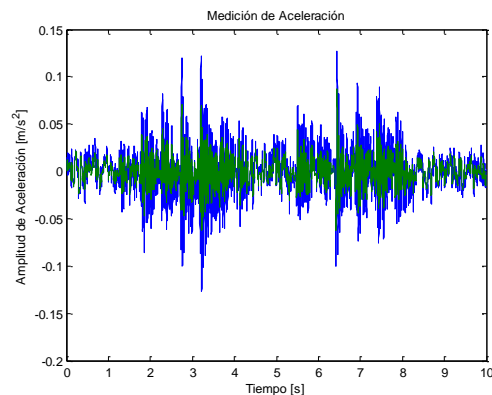
**Figura B183. Casa N°10, Individuo 1, 1.6 Hz.**



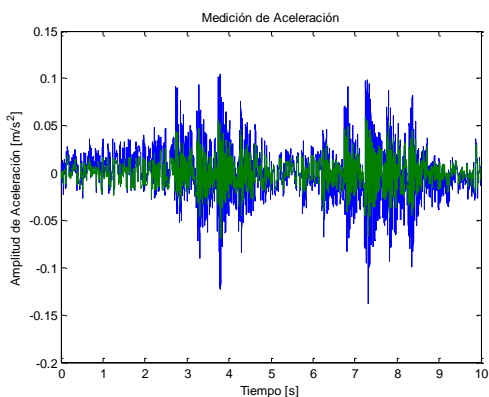
**Figura B186. Casa N°10, Individuo 1, 1.8 Hz.**



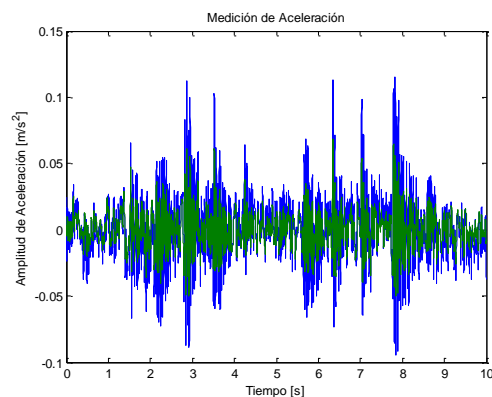
**Figura B187. Casa N°10, Individuo 1, 2.0 Hz.**



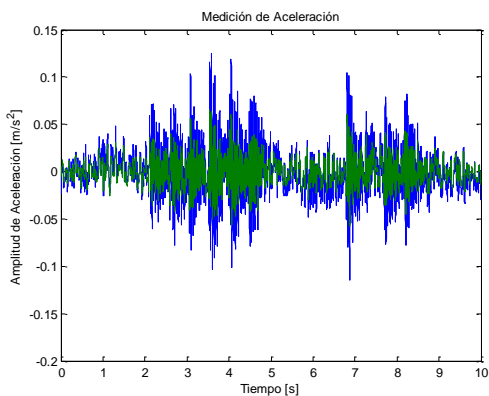
**Figura B190. Casa N°10, Individuo 1, 2.2 Hz.**



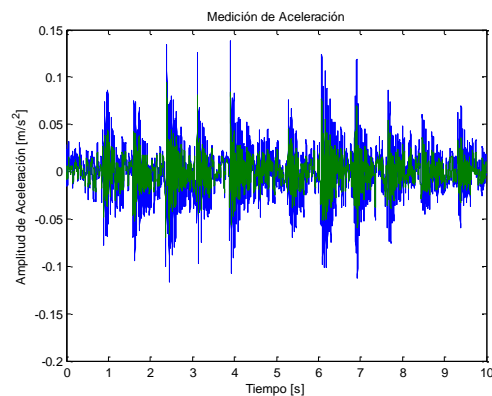
**Figura B188. Casa N°10, Individuo 1, 2.0 Hz.**



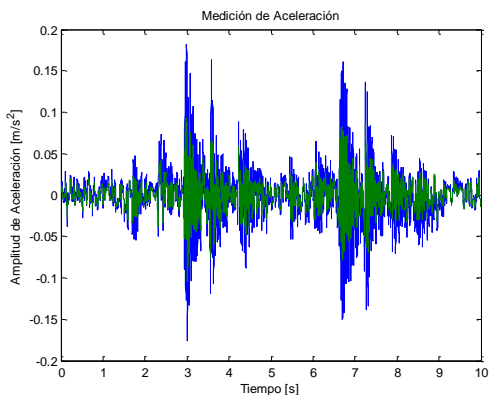
**Figura B191. Casa N°10, Individuo 2, 1.4 Hz.**



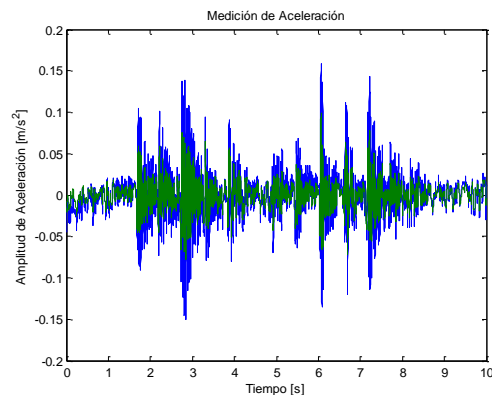
**Figura B189. Casa N°10, Individuo 1, 2.2 Hz.**



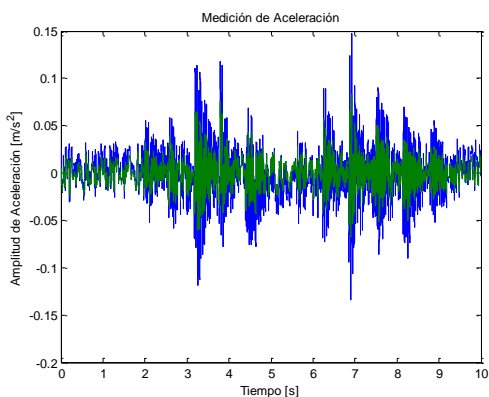
**Figura B192. Casa N°10, Individuo 2, 1.4 Hz.**



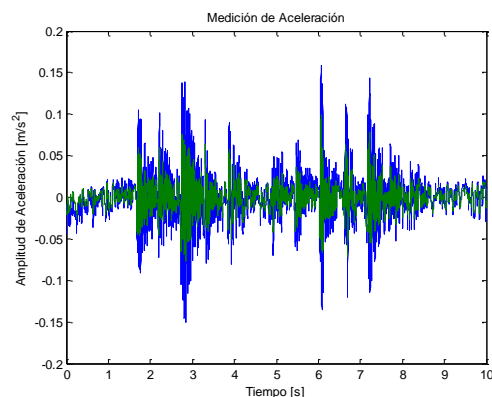
**Figura B193. Casa N°10, Individuo 2, 1.6 Hz.**



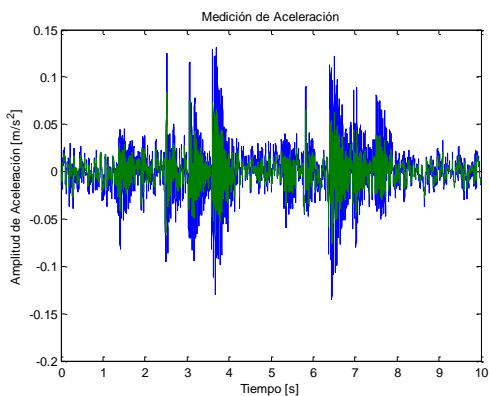
**Figura B196. Casa N°10, Individuo 2, 1.8 Hz.**



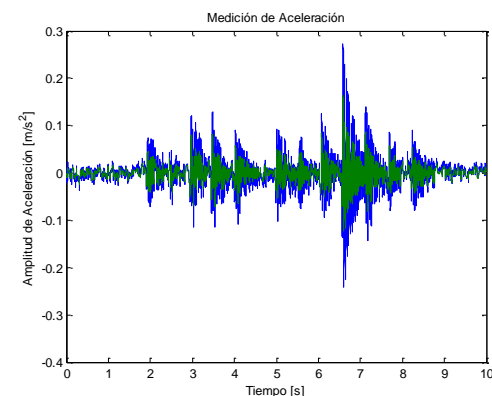
**Figura B194. Casa N°10, Individuo 2, 1.6 Hz.**



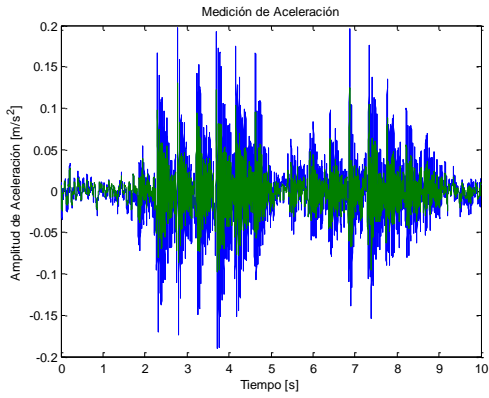
**Figura B197. Casa N°10, Individuo 2, 2.0 Hz.**



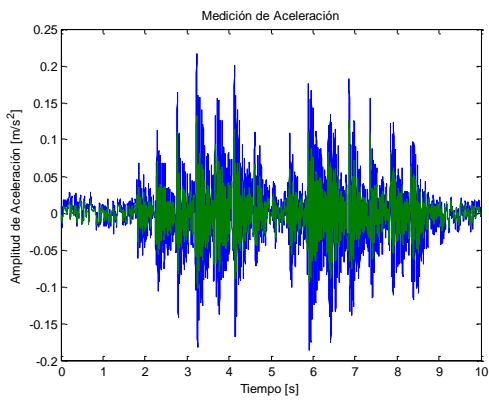
**Figura B195. Casa N°10, Individuo 2, 1.8 Hz.**



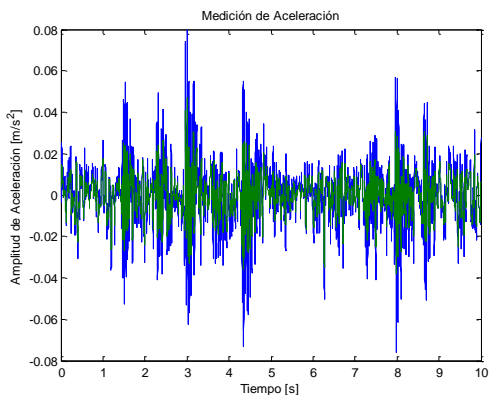
**Figura B198. Casa N°10, Individuo 2, 2.0 Hz.**



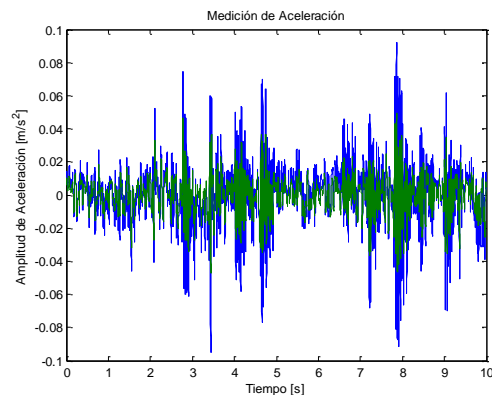
**Figura B199. Casa N°10, Individuo 2, 2.2 Hz.**



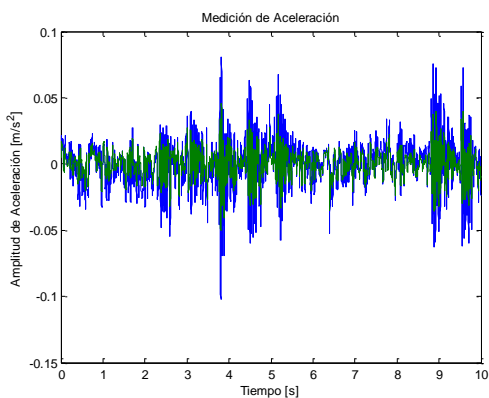
**Figura B200. Casa N°10, Individuo 2, 2.2 Hz.**



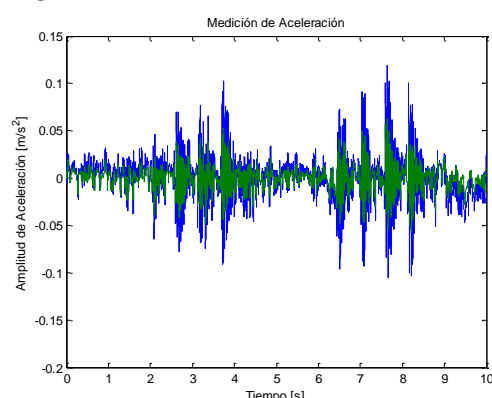
**Figura B201. Casa N°11, Individuo 1, 1.4 Hz.**



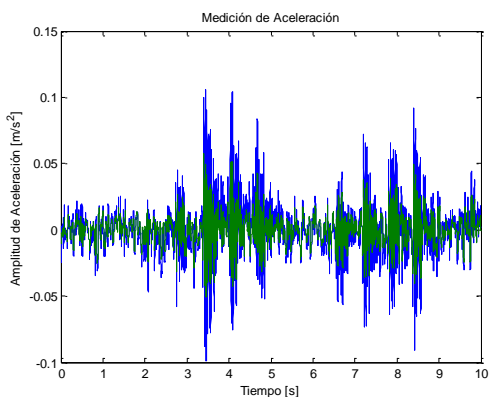
**Figura B204. Casa N°11, Individuo 1, 1.6 Hz.**



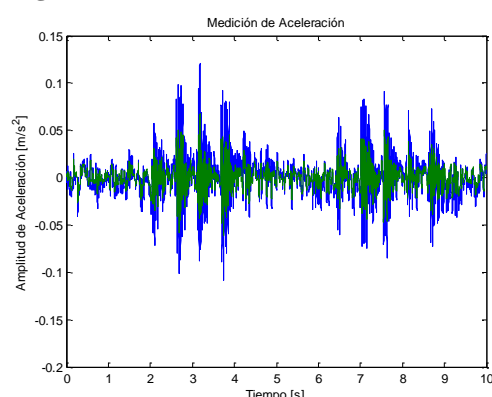
**Figura B202. Casa N°11, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B205. Casa N°11, Individuo 1, 1.8 Hz.**

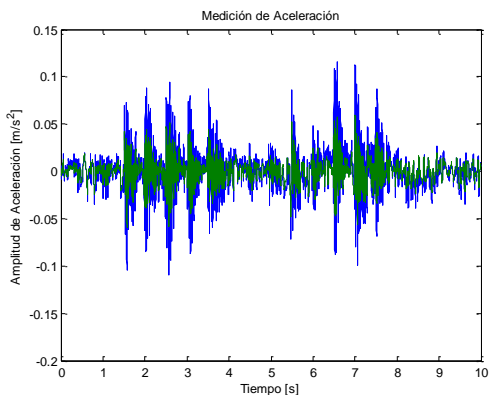


**Figura B203. Casa N°11, Individuo 1, 1.6 Hz.**

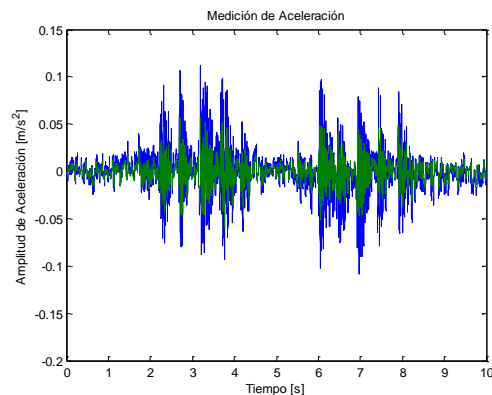


**Figura B206. Casa N°11, Individuo 1, 1.8 Hz.**

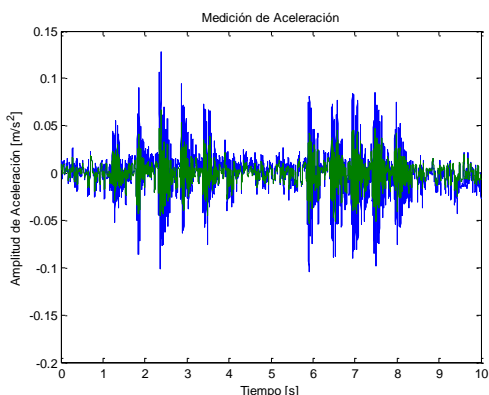




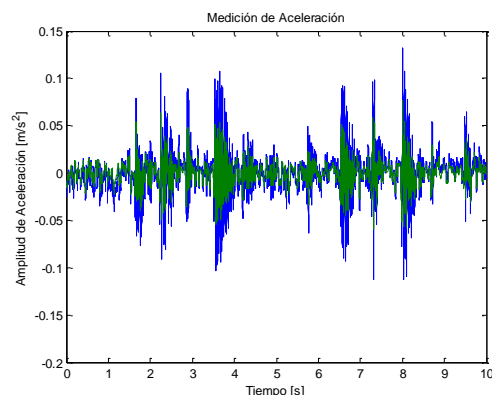
**Figura B207. Casa N°11, Individuo 1, 2.0 Hz.**



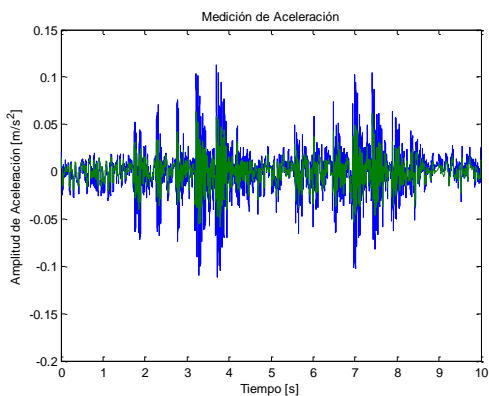
**Figura B210. Casa N°11, Individuo 1, 2.2 Hz.**



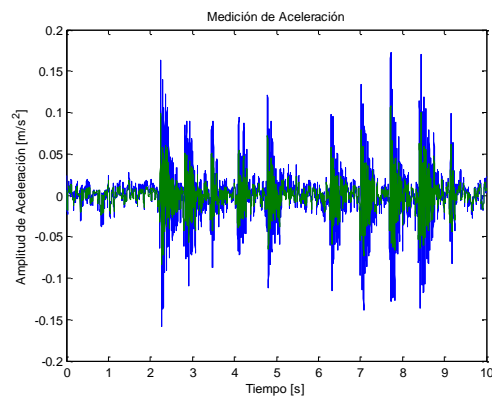
**Figura B208. Casa N°11, Individuo 1, 2.0 Hz.**



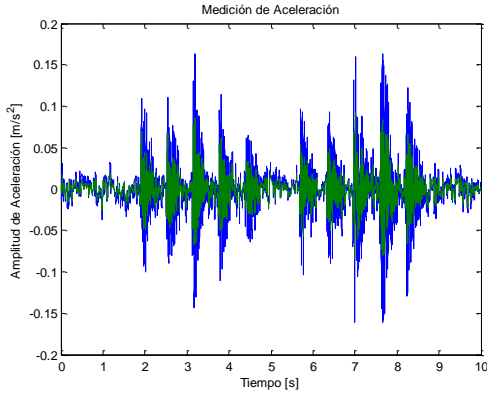
**Figura B211. Casa N°11, Individuo 2, 1.4 Hz.**



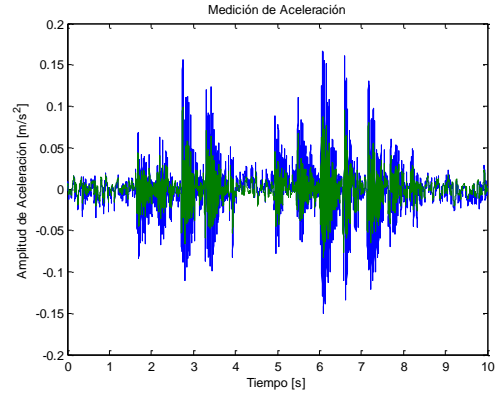
**Figura B209. Casa N°11, Individuo 1, 2.2 Hz.**



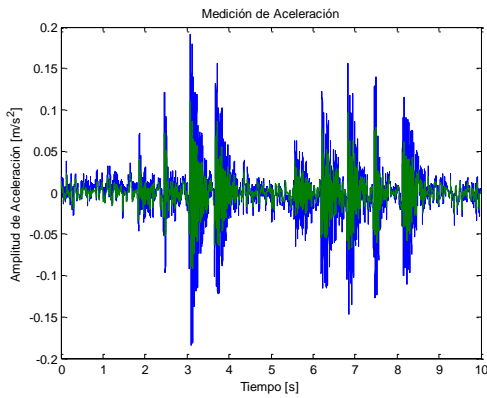
**Figura B212. Casa N°11, Individuo 2, 1.4 Hz.**



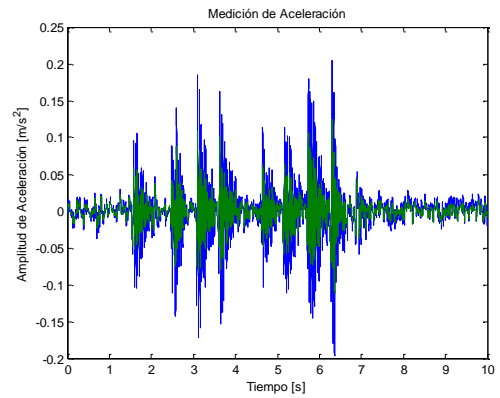
**Figura B213. Casa N°11, Individuo 2, 1.6 Hz.**



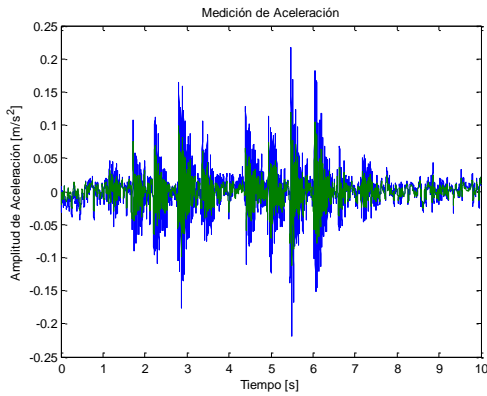
**Figura B216. Casa N°11, Individuo 2, 1.8 Hz.**



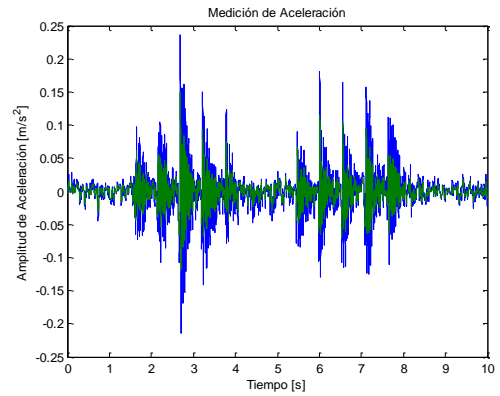
**Figura B214. Casa N°11, Individuo 2, 1.6 Hz.**



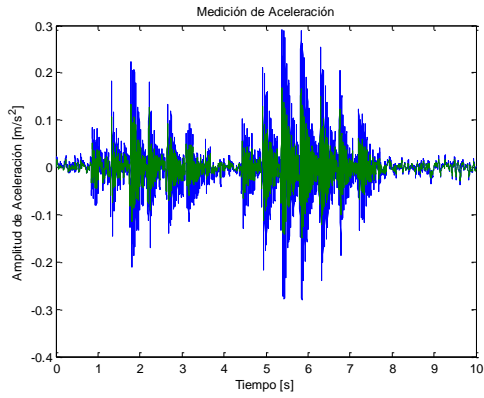
**Figura B217. Casa N°11, Individuo 2, 2.0 Hz.**



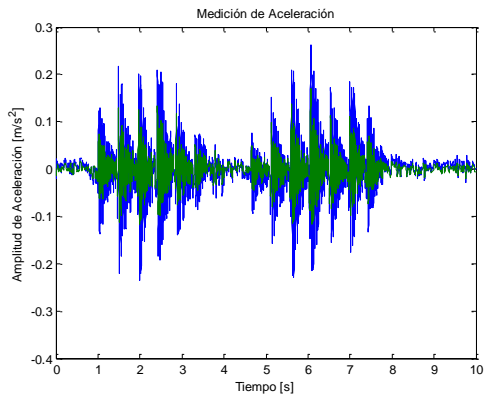
**Figura B215. Casa N°11, Individuo 2, 1.8 Hz.**



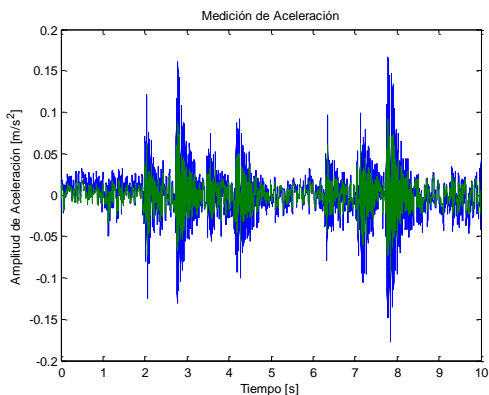
**Figura B218. Casa N°11, Individuo 2, 2.0 Hz.**



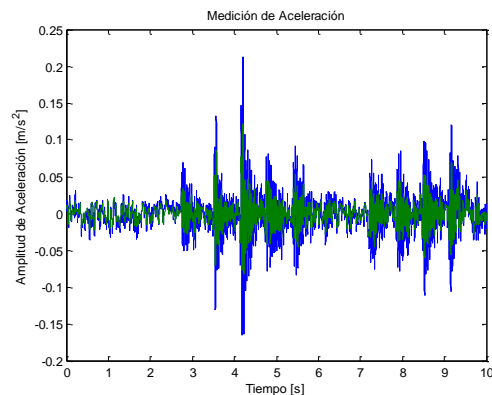
**Figura B219. Casa N°11, Individuo 2, 2.2 Hz.**



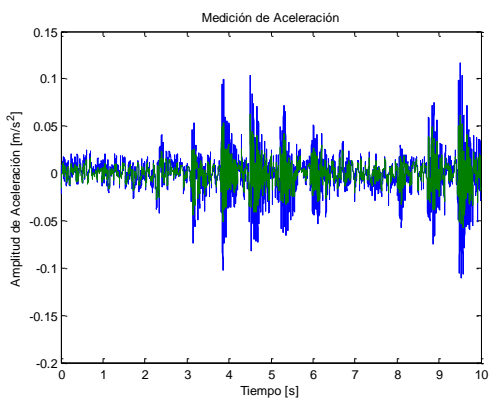
**Figura B220. Casa N°11, Individuo 2, 2.2 Hz.**



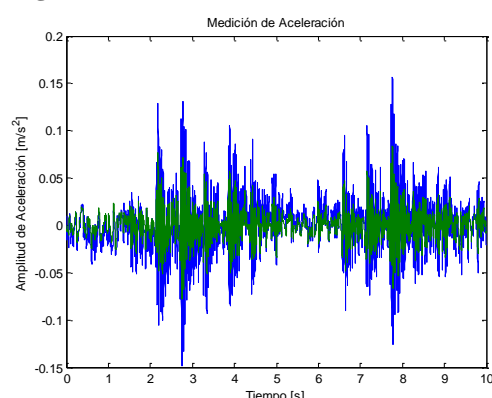
**Figura B221. Casa N°12, Individuo 1, 1.4 Hz.**



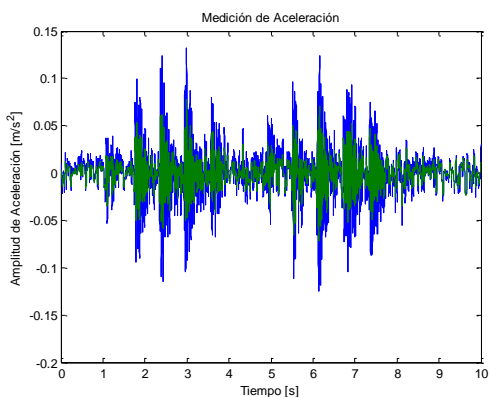
**Figura B224. Casa N°12, Individuo 1, 1.6 Hz.**



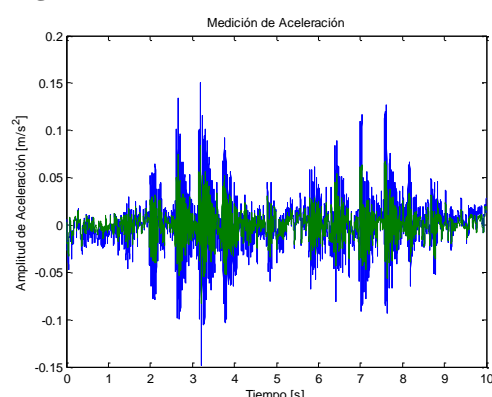
**Figura B222. Casa N°12, Individuo 1, 1.4 Hz.**



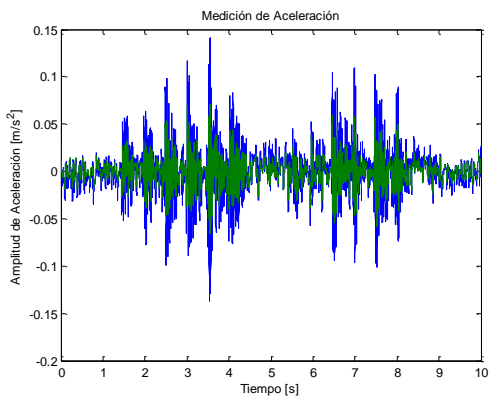
**Figura B225. Casa N°12, Individuo 1, 1.8 Hz.**



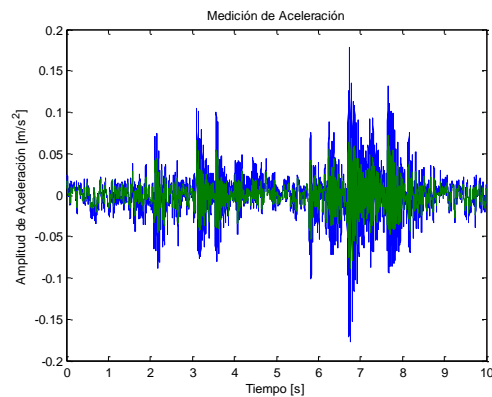
**Figura B223. Casa N°12, Individuo 1, 1.6 Hz.**



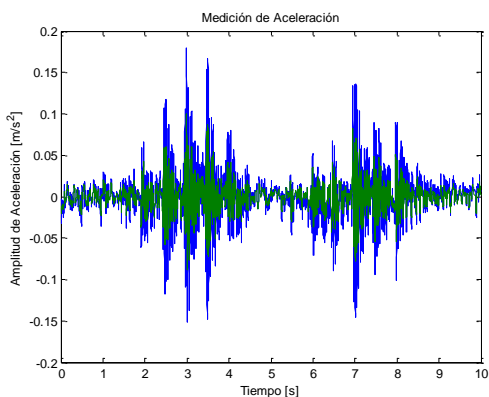
**Figura B226. Casa N°12, Individuo 1, 1.8 Hz.**



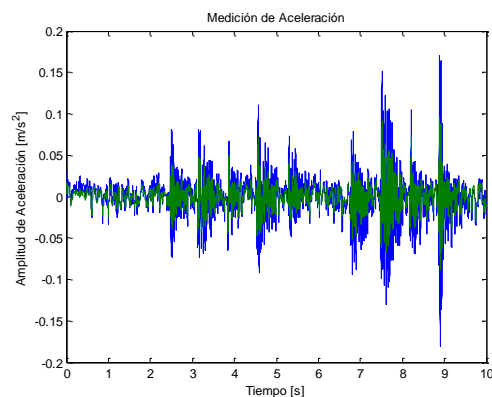
**Figura B227. Casa N°12, Individuo 1, 2.0 Hz.**



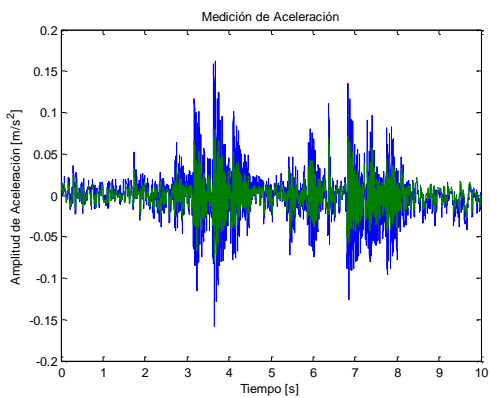
**Figura B230. Casa N°12, Individuo 1, 2.2 Hz.**



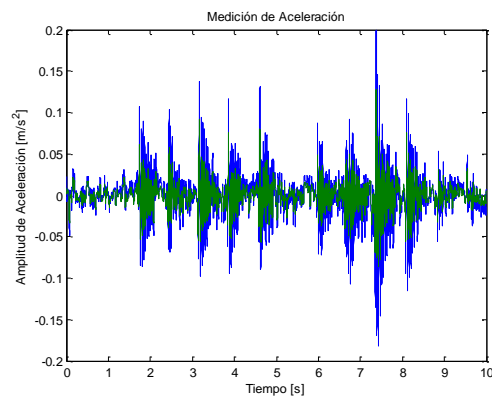
**Figura B228. Casa N°12, Individuo 1, 2.0 Hz.**



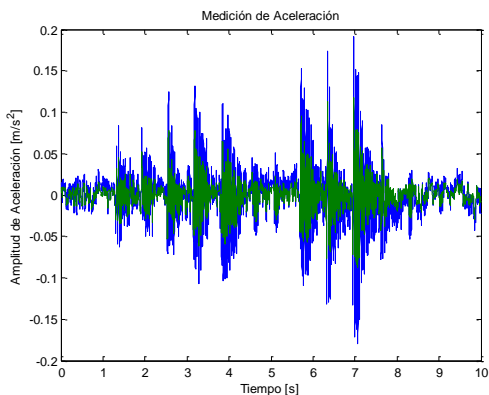
**Figura B231. Casa N°12, Individuo 2, 1.4 Hz.**



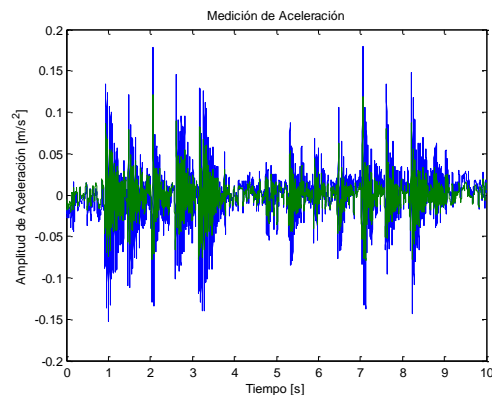
**Figura B229. Casa N°12, Individuo 1, 2.2 Hz.**



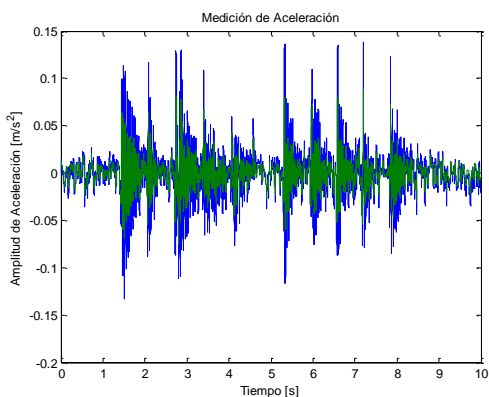
**Figura B232. Casa N°12, Individuo 2, 1.4 Hz.**



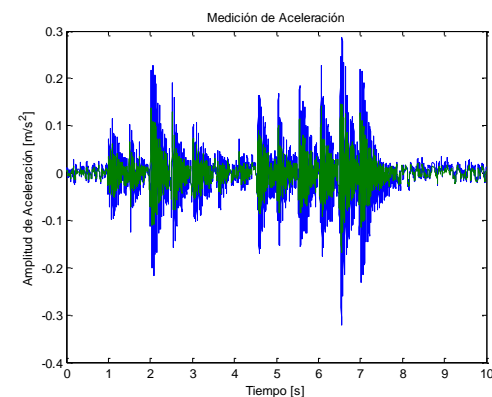
**Figura B233. Casa N°12, Individuo 2, 1.6 Hz.**



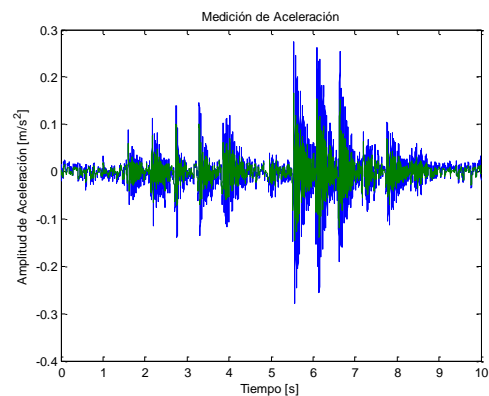
**Figura B236. Casa N°12, Individuo 2, 1.8 Hz.**



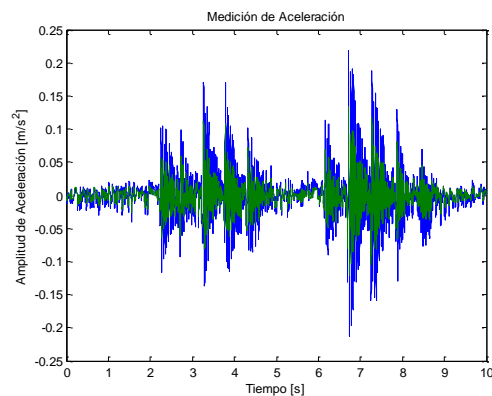
**Figura B234. Casa N°12, Individuo 2, 1.6 Hz.**



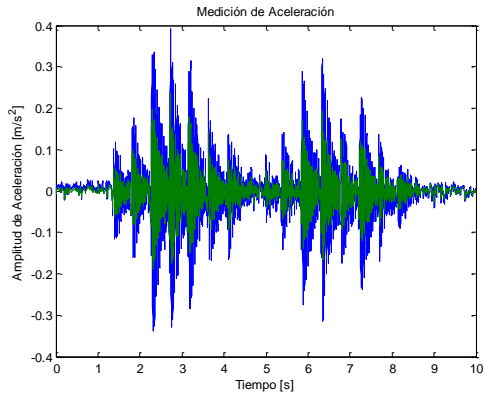
**Figura B237. Casa N°12, Individuo 2, 2.0 Hz.**



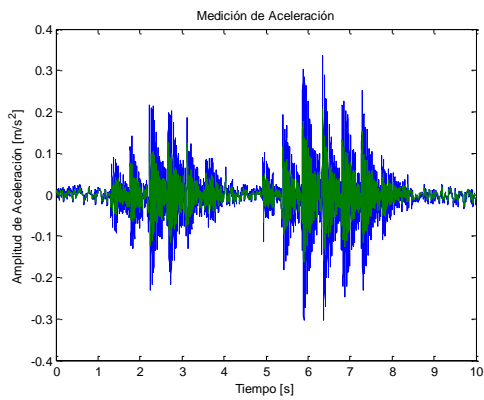
**Figura B235. Casa N°12, Individuo 2, 1.8 Hz.**



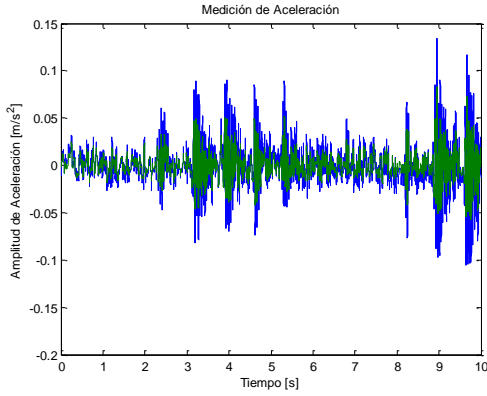
**Figura B238. Casa N°12, Individuo 2, 2.0 Hz.**



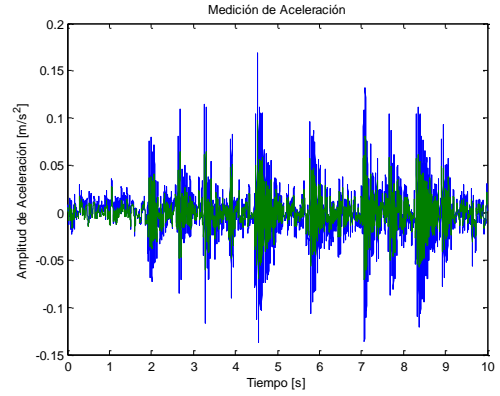
**Figura B239. Casa N°12, Individuo 2, 2.2 Hz.**



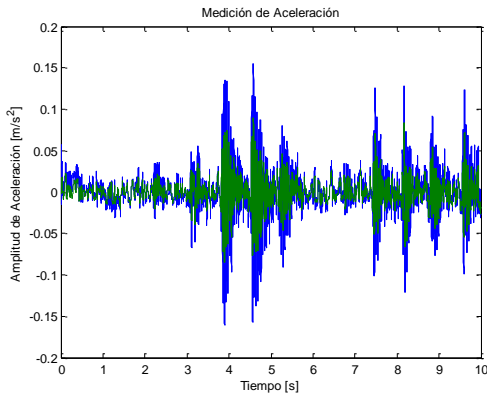
**Figura B240. Casa N°12, Individuo 2, 2.2 Hz.**



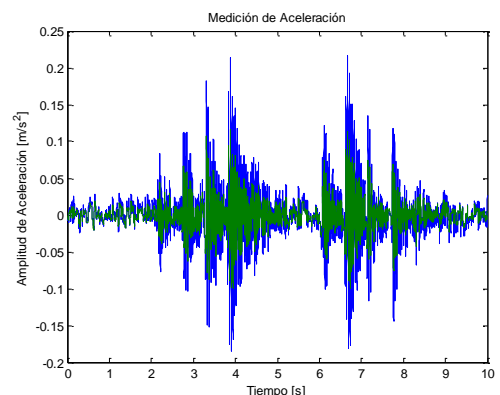
**Figura B241. Casa N°13, Individuo 1, 1.4 Hz.**



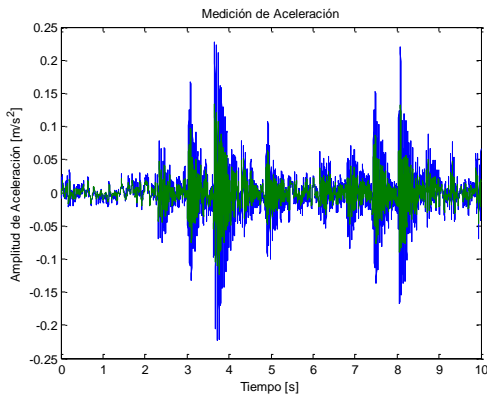
**Figura B244. Casa N°13, Individuo 1, 1.6 Hz.**



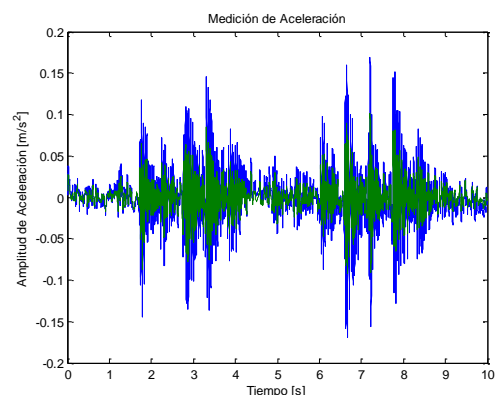
**Figura B242. Casa N°13, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B245. Casa N°13, Individuo 1, 1.8 Hz.**

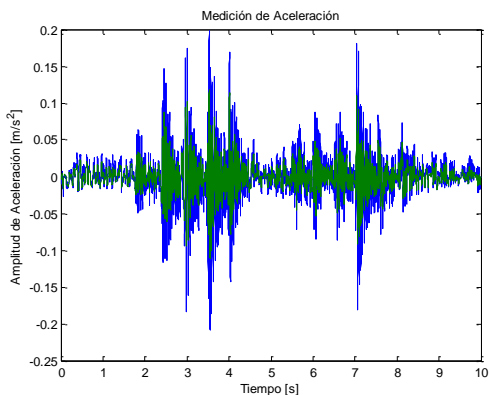


**Figura B243. Casa N°13, Individuo 1, 1.6 Hz.**

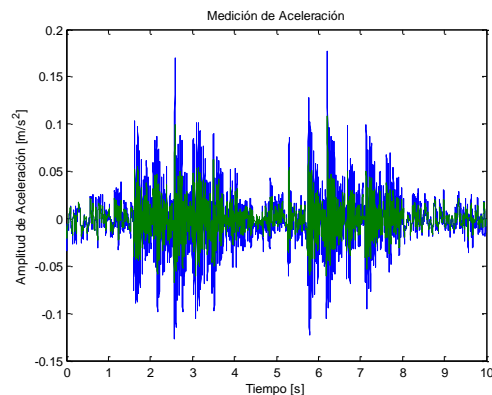


**Figura B246. Casa N°13, Individuo 1, 1.8 Hz.**

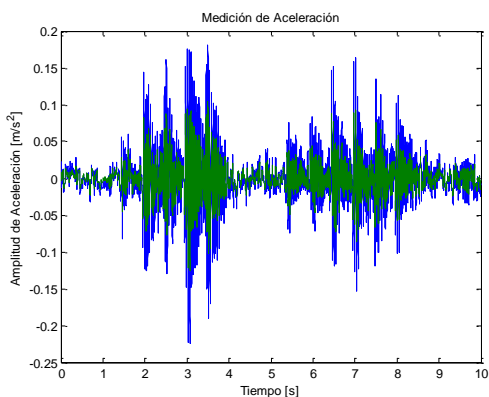




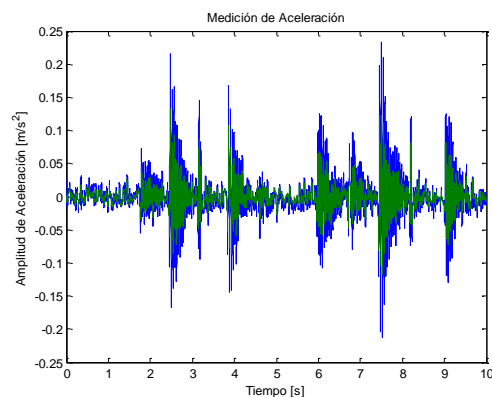
**Figura B247. Casa N°13, Individuo 1, 2.0 Hz.**



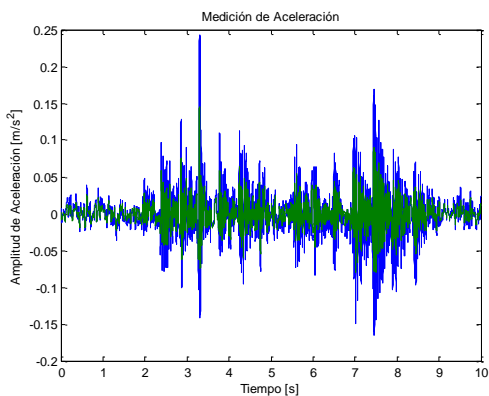
**Figura B250. Casa N°13, Individuo 1, 2.2 Hz.**



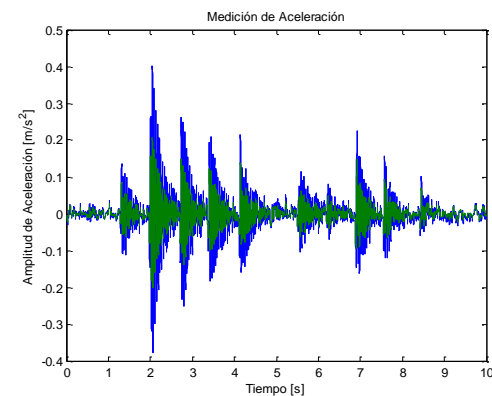
**Figura B248. Casa N°13, Individuo 1, 2.0 Hz.**



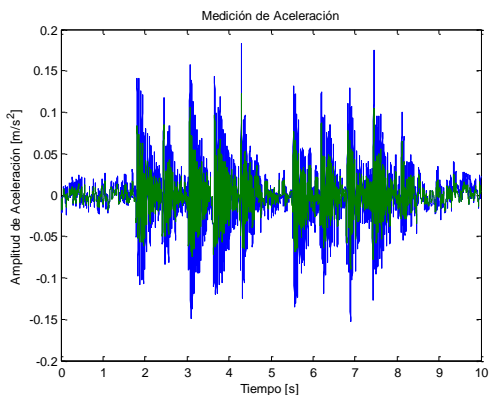
**Figura B251. Casa N°13, Individuo 2, 1.4 Hz.**



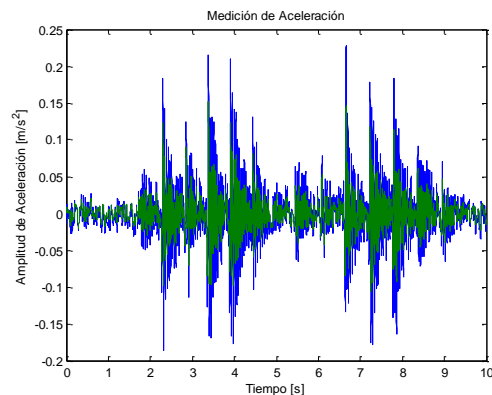
**Figura B249. Casa N°13, Individuo 1, 2.2 Hz.**



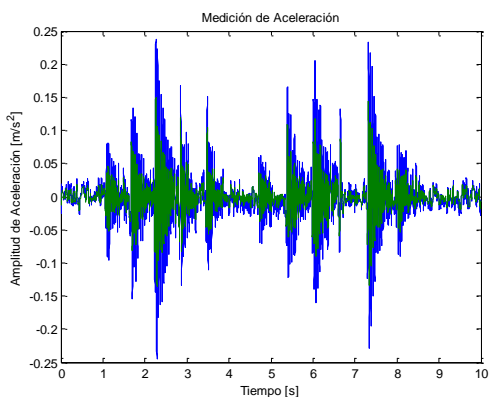
**Figura B252. Casa N°13, Individuo 2, 1.4 Hz.**



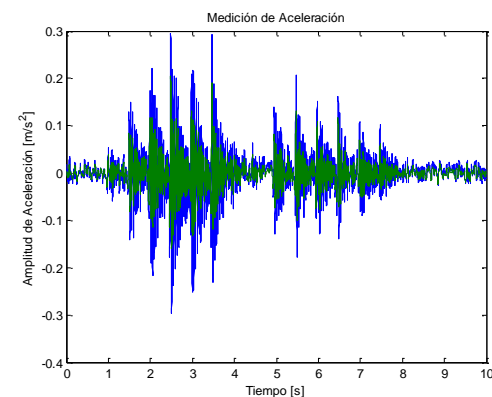
**Figura B253. Casa N°13, Individuo 2, 1.6 Hz.**



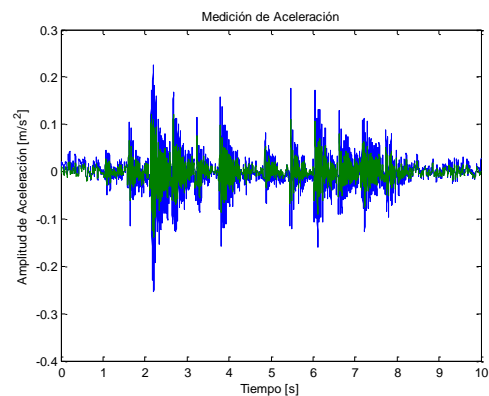
**Figura B256. Casa N°13, Individuo 2, 1.8 Hz.**



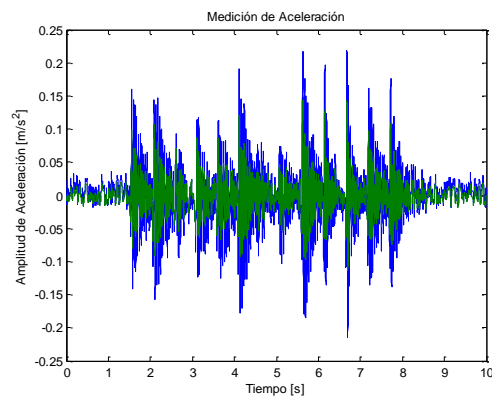
**Figura B254. Casa N°13, Individuo 2, 1.6 Hz.**



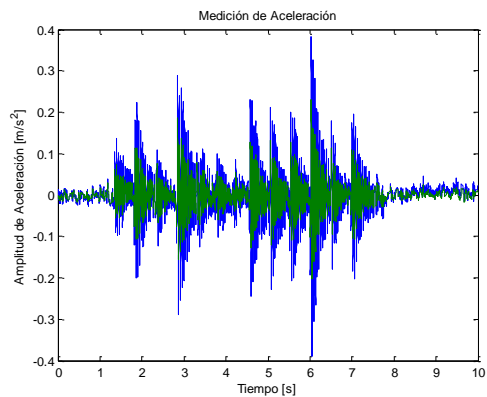
**Figura B257. Casa N°13, Individuo 2, 2.0 Hz.**



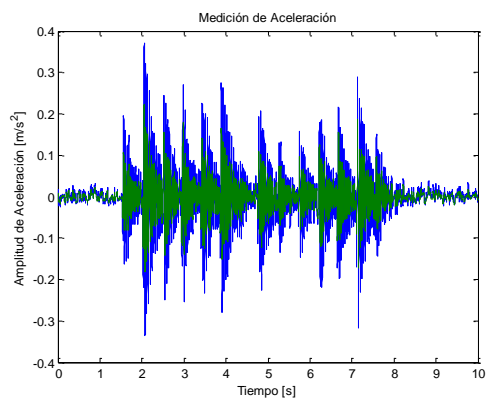
**Figura B255. Casa N°13, Individuo 2, 1.8 Hz.**



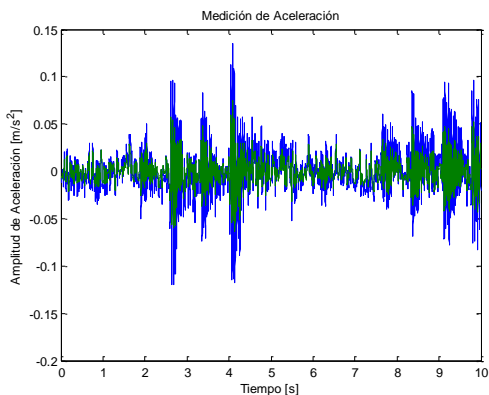
**Figura B258. Casa N°13, Individuo 2, 2.0 Hz.**



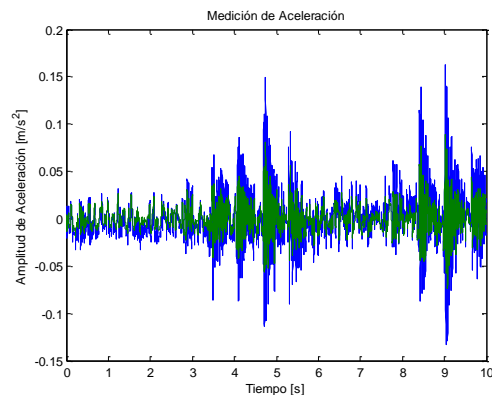
**Figura B259. Casa N°13, Individuo 2, 2.2 Hz.**



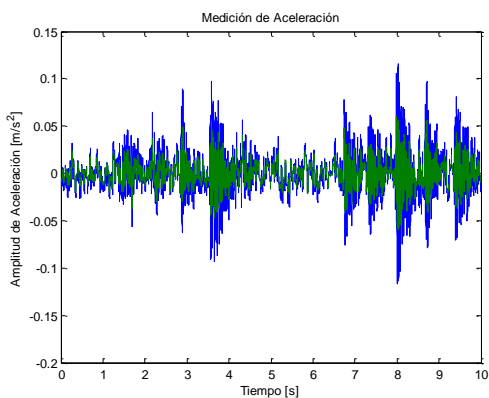
**Figura B260. Casa N°13, Individuo 2, 2.2 Hz.**



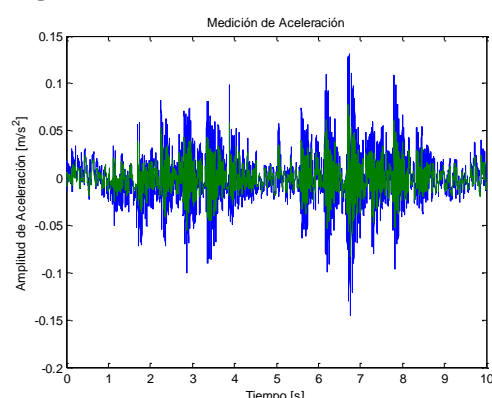
**Figura B261. Casa N°14, Individuo 1, 1.4 Hz.**



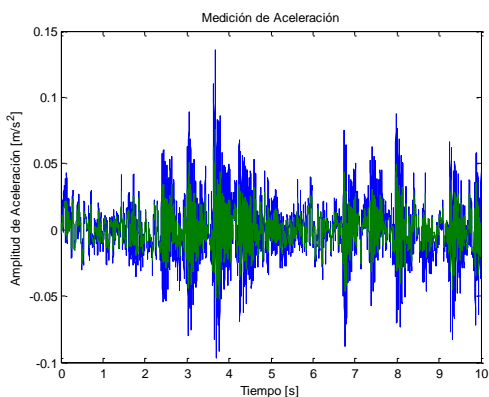
**Figura B264. Casa N°14, Individuo 1, 1.6 Hz.**



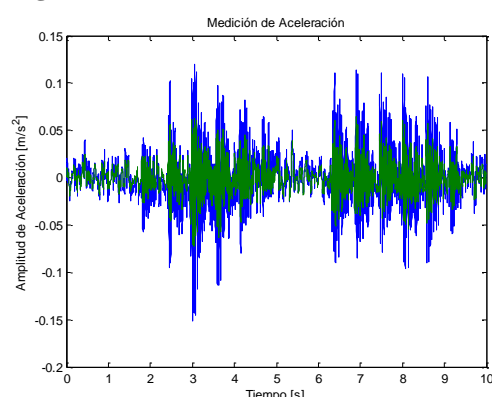
**Figura B262. Casa N°14, Individuo 1, 1.4 Hz.**



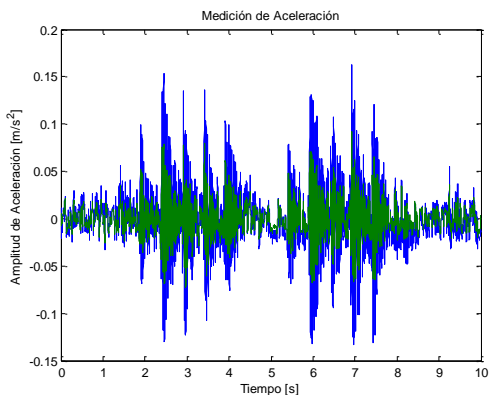
**Figura B265. Casa N°14, Individuo 1, 1.8 Hz.**



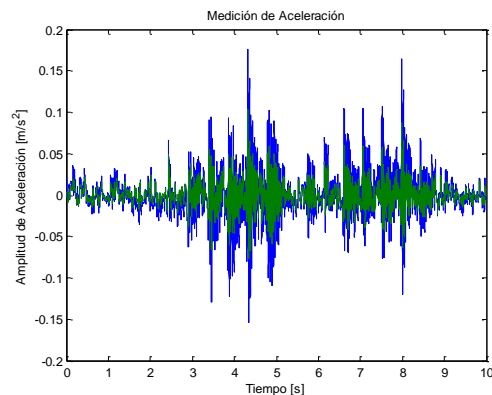
**Figura B263. Casa N°14, Individuo 1, 1.6 Hz.**



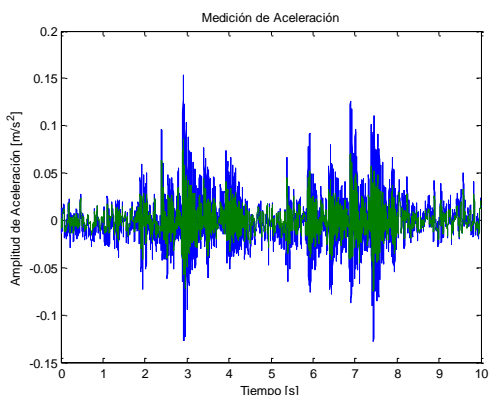
**Figura B266. Casa N°14, Individuo 1, 1.8 Hz.**



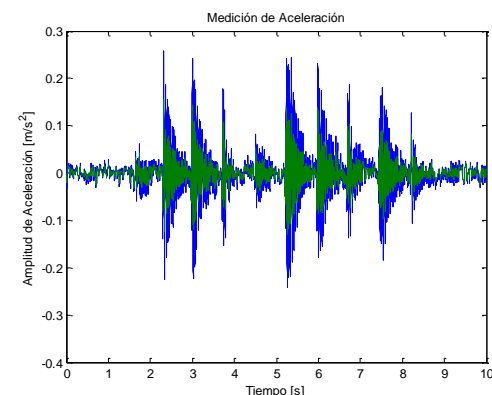
**Figura B267. Casa N°14, Individuo 1, 2.0 Hz.**



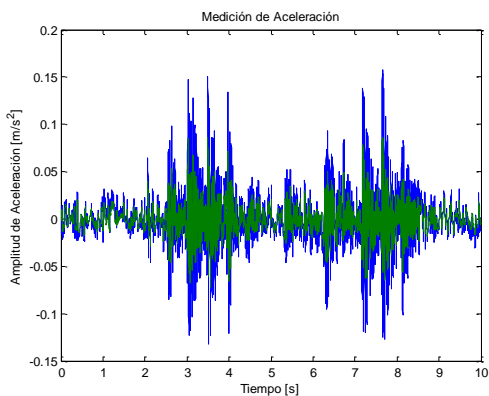
**Figura B270. Casa N°14, Individuo 1, 2.2 Hz.**



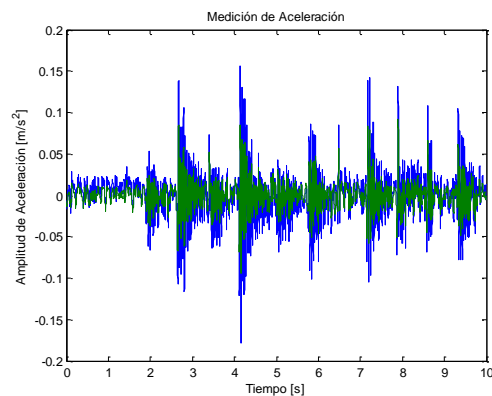
**Figura B268. Casa N°14, Individuo 1, 2.0 Hz.**



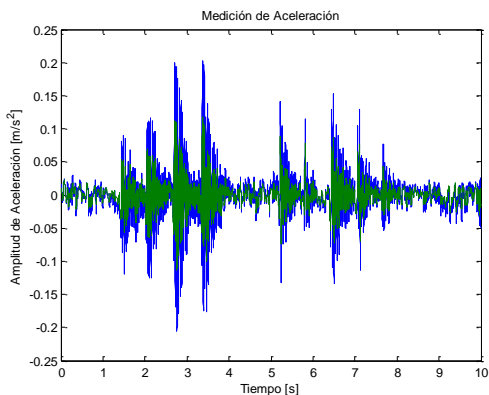
**Figura B271. Casa N°14, Individuo 2, 1.4 Hz.**



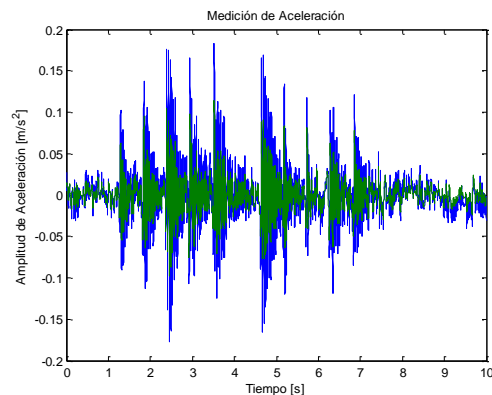
**Figura B269. Casa N°14, Individuo 1, 2.2 Hz.**



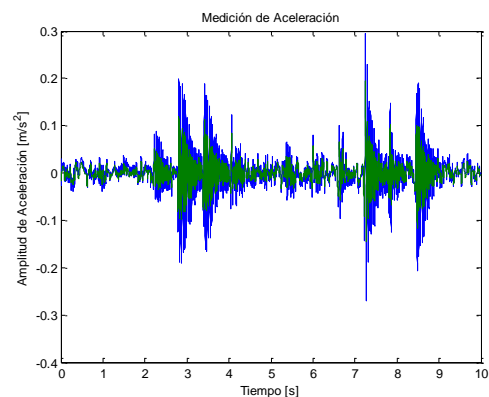
**Figura B272. Casa N°14, Individuo 2, 1.4 Hz.**



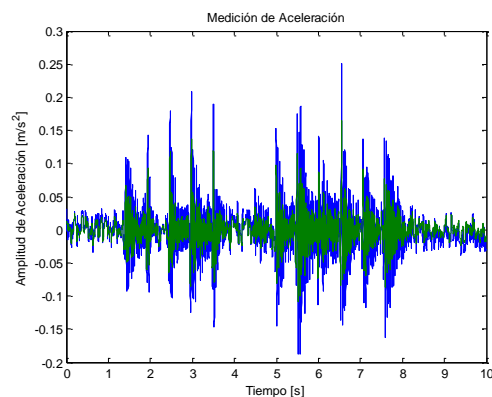
**Figura B273. Casa N°14, Individuo 2, 1.6 Hz.**



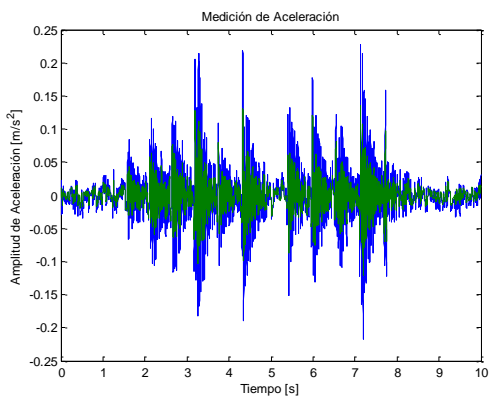
**Figura B276. Casa N°14, Individuo 2, 1.8 Hz.**



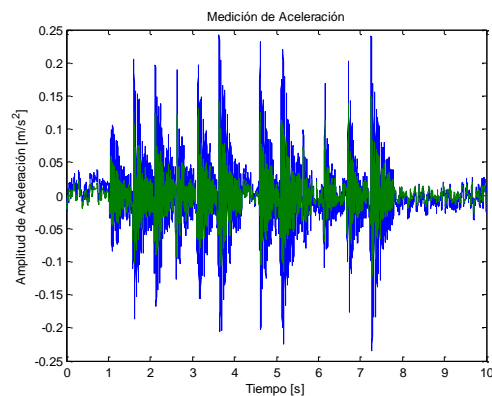
**Figura B274. Casa N°14, Individuo 2, 1.6 Hz.**



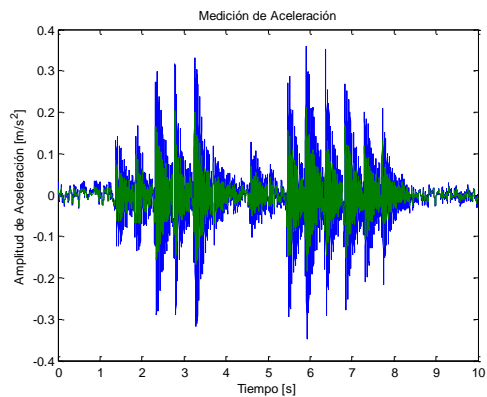
**Figura B277. Casa N°14, Individuo 2, 2.0 Hz.**



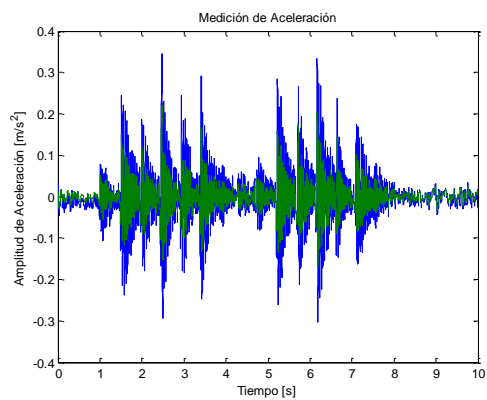
**Figura B275. Casa N°14, Individuo 2, 1.8 Hz.**



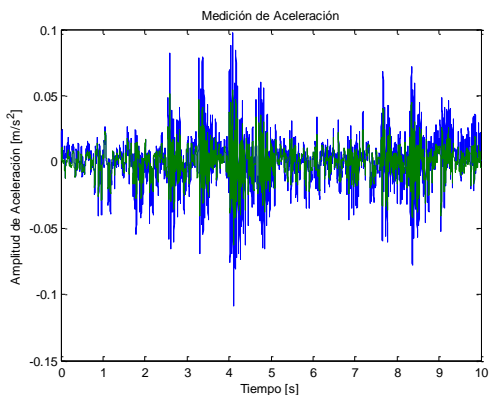
**Figura B278. Casa N°14, Individuo 2, 2.0 Hz.**



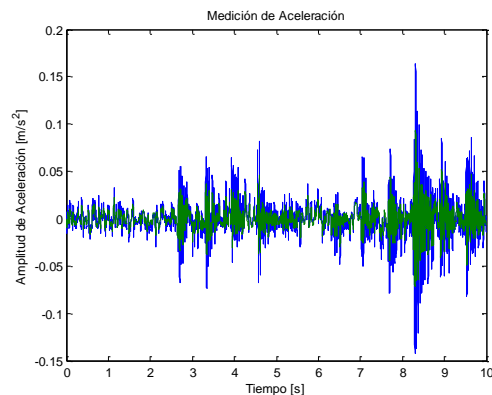
**Figura B279. Casa N°14, Individuo 2, 2.2 Hz.**



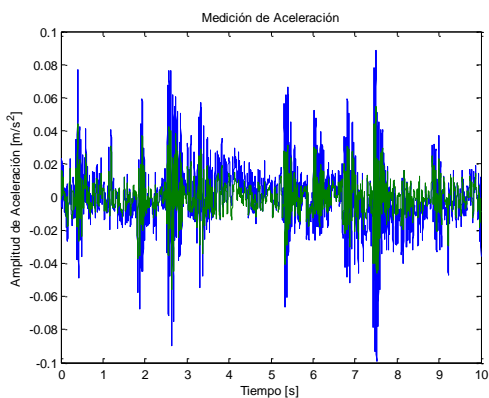
**Figura B280. Casa N°14, Individuo 2, 2.2 Hz.**



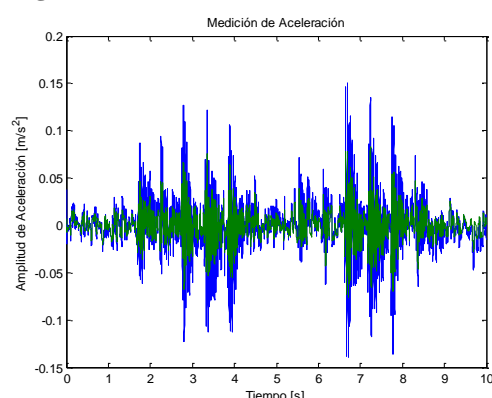
**Figura B281. Casa N°15, Individuo 1, 1.4 Hz.**



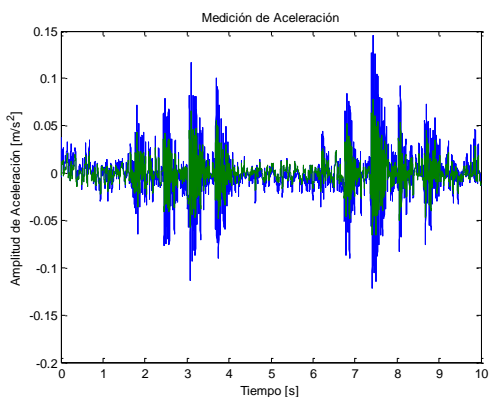
**Figura B284. Casa N°15, Individuo 1, 1.6 Hz.**



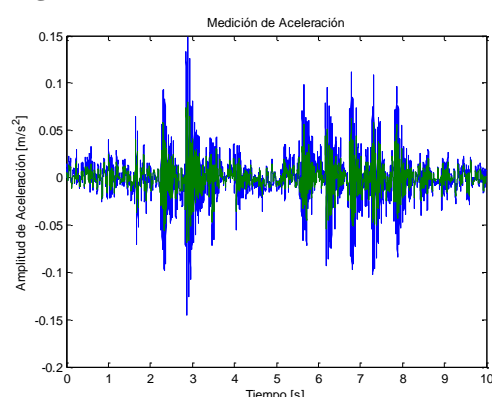
**Figura B282. Casa N°15, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B285. Casa N°15, Individuo 1, 1.8 Hz.**

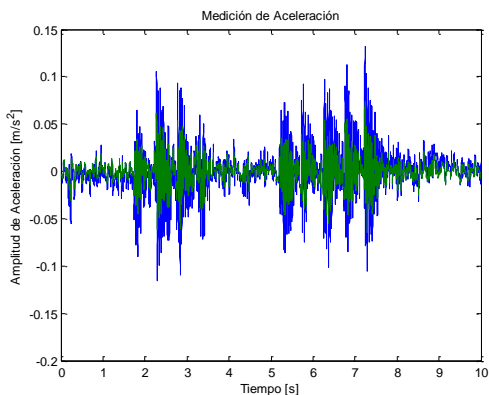


**Figura B283. Casa N°15, Individuo 1, 1.6 Hz.**

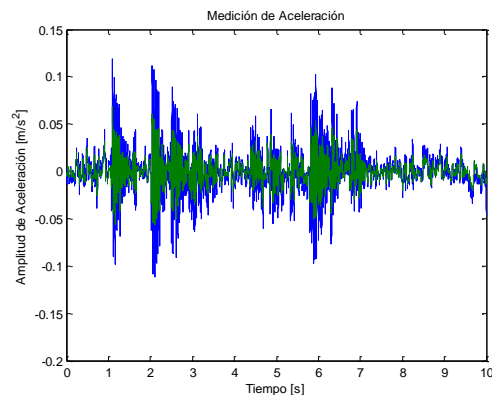


**Figura B286. Casa N°15, Individuo 1, 1.8 Hz.**

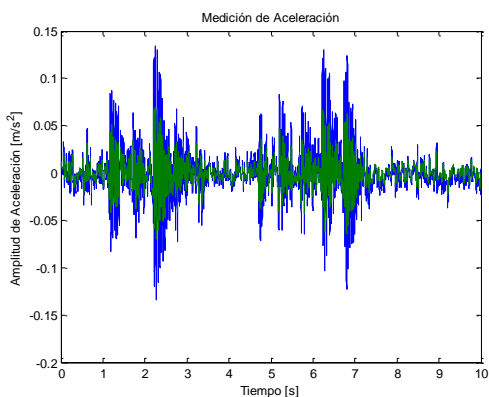




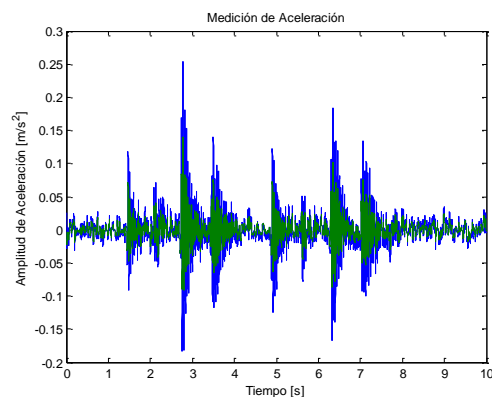
**Figura B287. Casa N°15, Individuo 1, 2.0 Hz.**



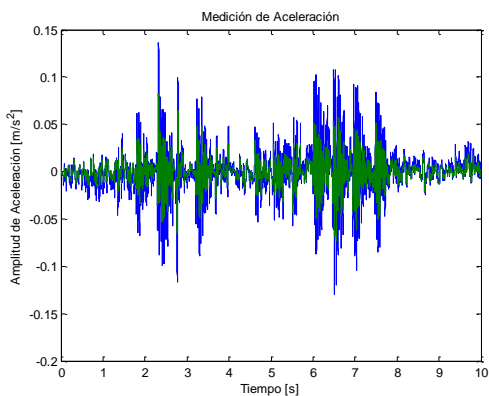
**Figura B290. Casa N°15, Individuo 1, 2.2 Hz.**



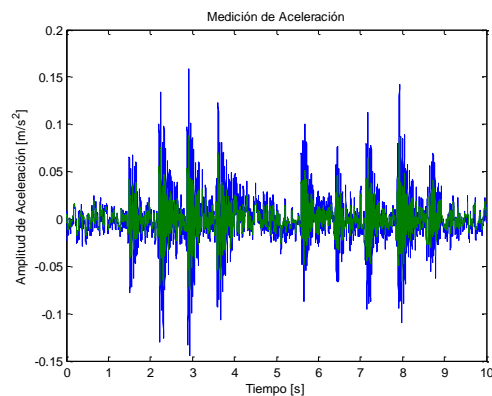
**Figura B288. Casa N°15, Individuo 1, 2.0 Hz.**



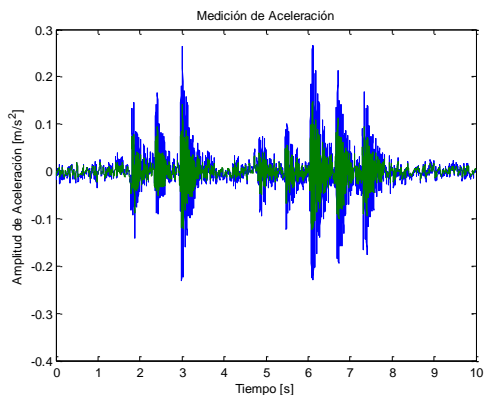
**Figura B291. Casa N°15, Individuo 2, 1.4 Hz.**



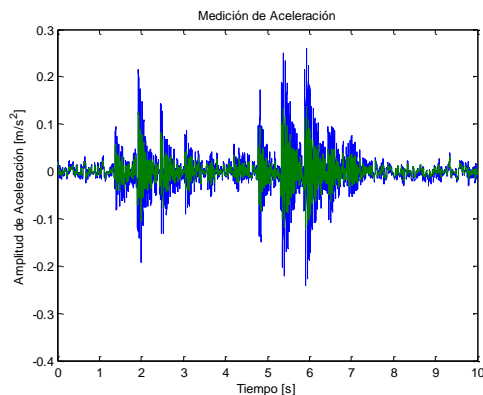
**Figura B289. Casa N°15, Individuo 1, 2.2 Hz.**



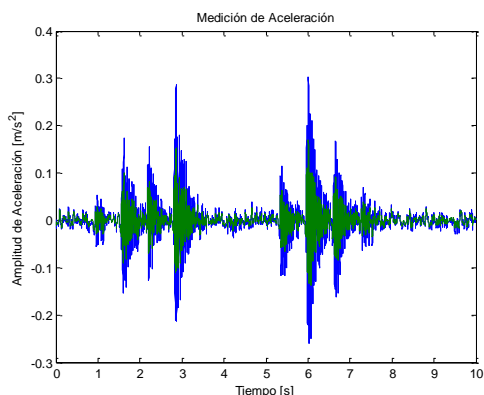
**Figura B292. Casa N°15, Individuo 2, 1.4 Hz.**



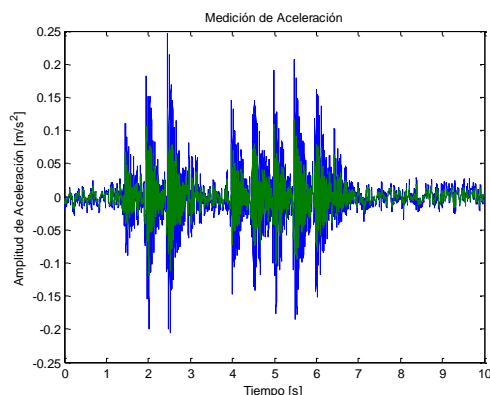
**Figura B293. Casa N°15, Individuo 2, 1.6 Hz.**



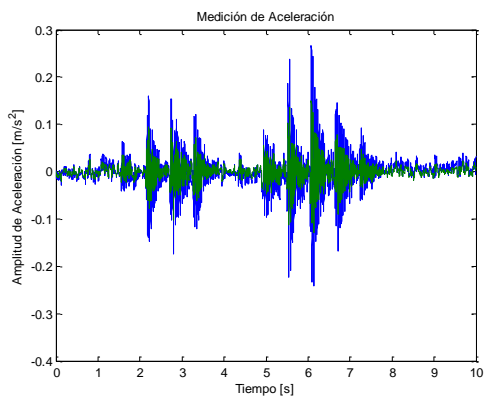
**Figura B296. Casa N°15, Individuo 2, 1.8 Hz.**



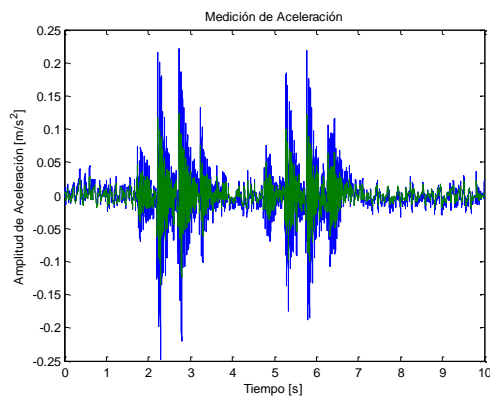
**Figura B294. Casa N°15, Individuo 2, 1.6 Hz.**



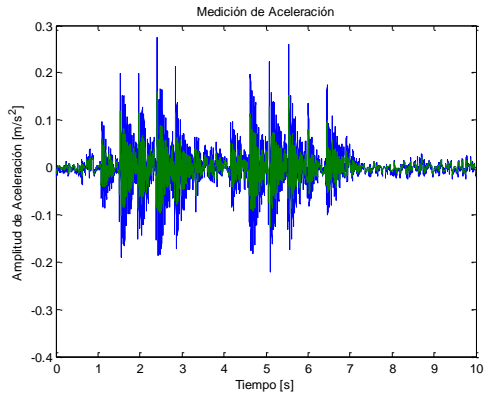
**Figura B297. Casa N°15, Individuo 2, 2.0 Hz.**



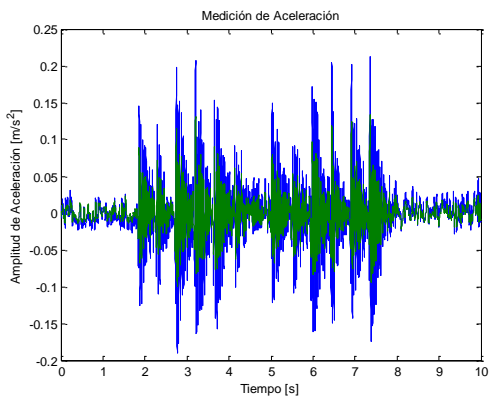
**Figura B295. Casa N°15, Individuo 2, 1.8 Hz.**



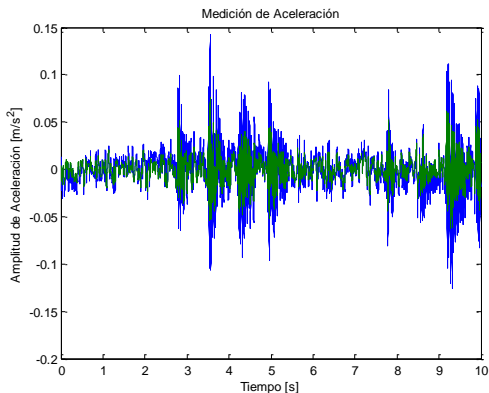
**Figura B298. Casa N°15, Individuo 2, 2.0 Hz.**



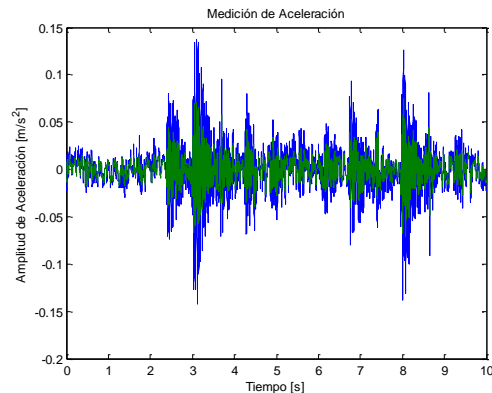
**Figura B299. Casa N°15, Individuo 2, 2.2 Hz.**



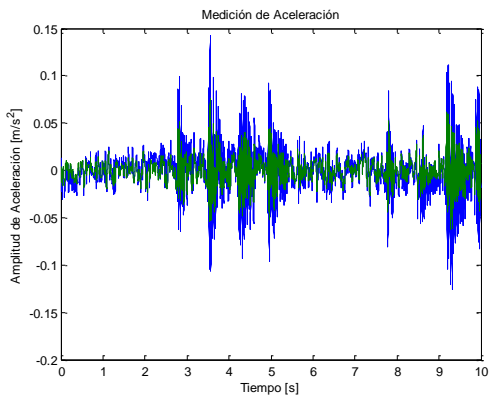
**Figura B300. Casa N°15, Individuo 2, 2.2 Hz.**



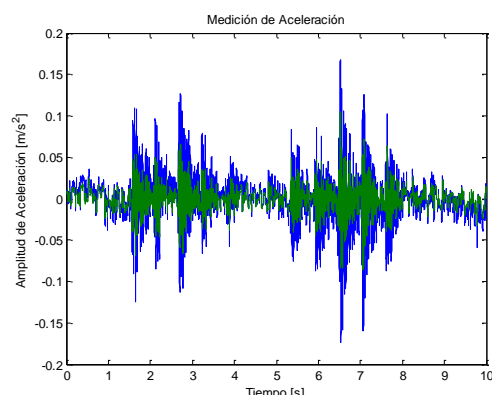
**Figura B301. Casa N°16, Individuo 1, 1.4 Hz.**



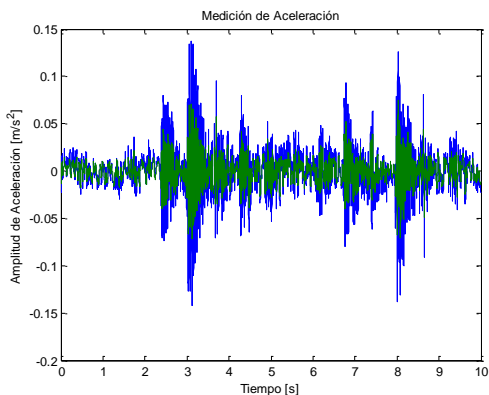
**Figura B304. Casa N°16, Individuo 1, 1.6 Hz.**



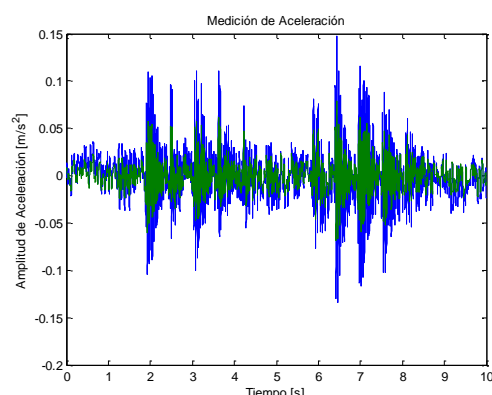
**Figura B302. Casa N°16, Individuo 1, 1.4 Hz.**



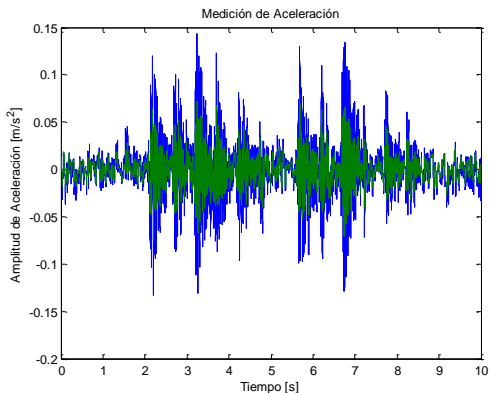
**Figura B305. Casa N°16, Individuo 1, 1.8 Hz.**



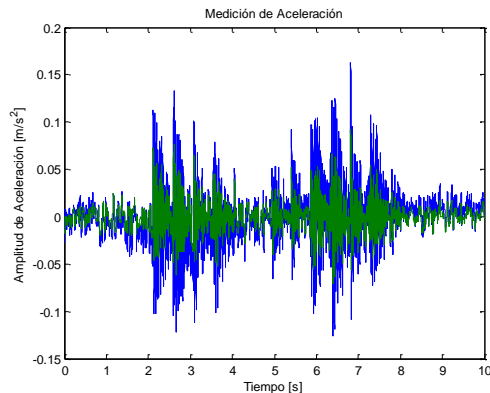
**Figura B303. Casa N°16, Individuo 1, 1.6 Hz.**



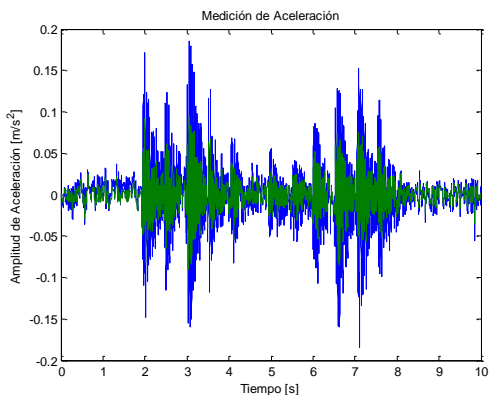
**Figura B306. Casa N°16, Individuo 1, 1.8 Hz.**



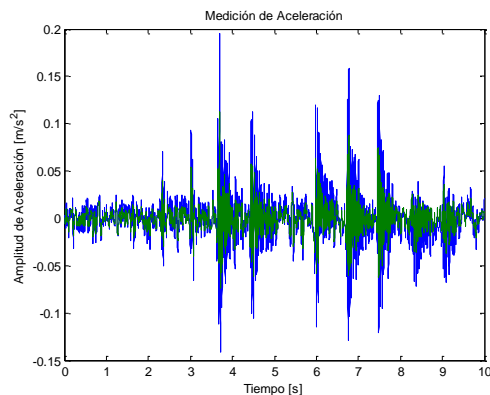
**Figura B307. Casa N°16, Individuo 1, 2.0 Hz.**



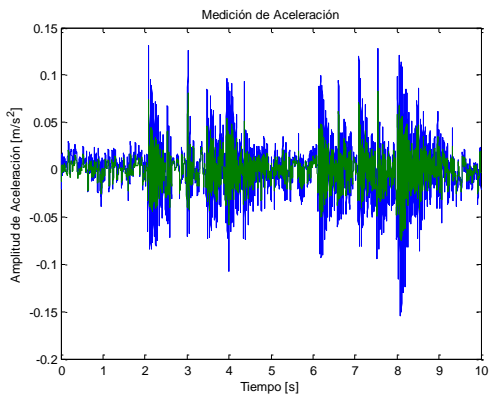
**Figura B310. Casa N°16, Individuo 1, 2.2 Hz.**



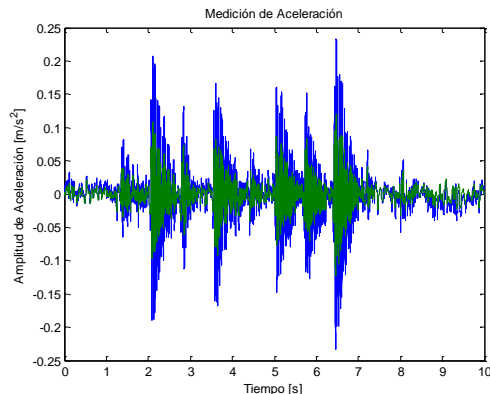
**Figura B308. Casa N°16, Individuo 1, 2.0 Hz.**



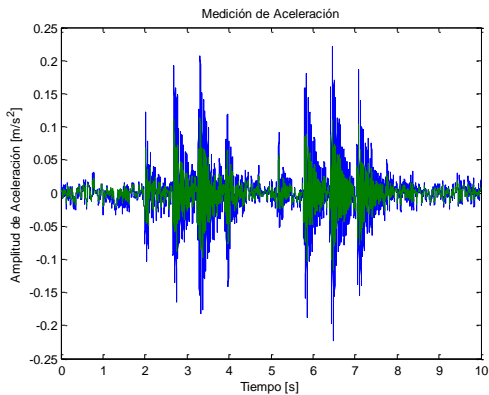
**Figura B311. Casa N°16, Individuo 2, 1.4 Hz.**



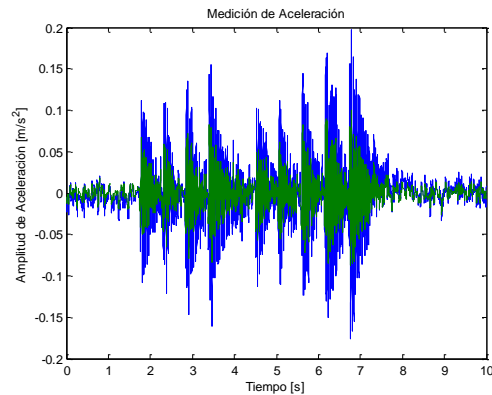
**Figura B309. Casa N°16, Individuo 1, 2.2 Hz.**



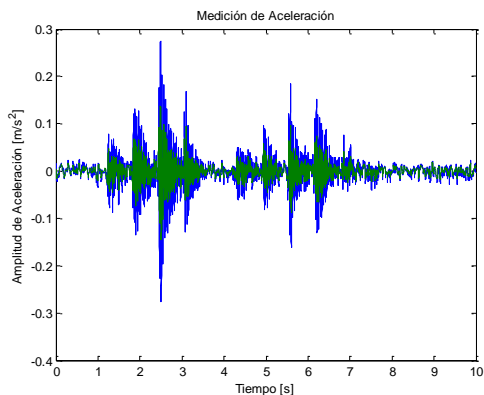
**Figura B312. Casa N°16, Individuo 2, 1.4 Hz.**



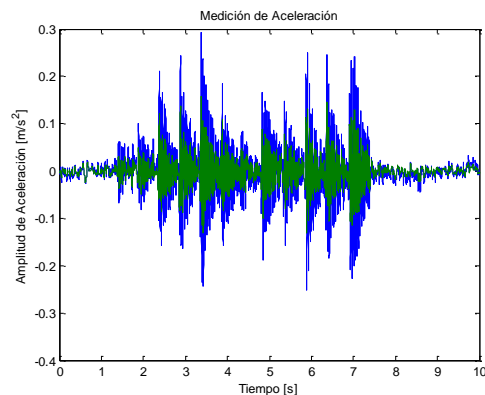
**Figura B313. Casa N°16, Individuo 2, 1.6 Hz.**



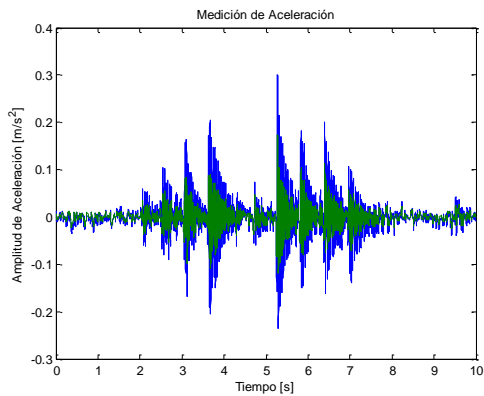
**Figura B316. Casa N°16, Individuo 2, 1.8 Hz.**



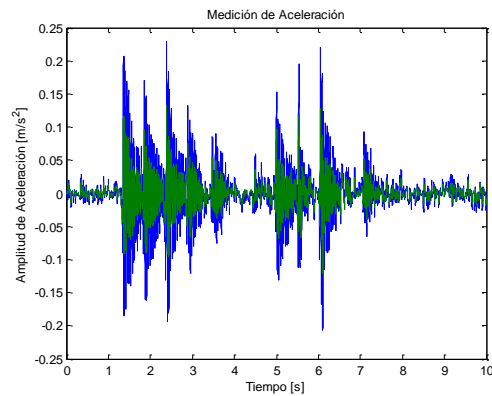
**Figura B314. Casa N°16, Individuo 2, 1.6 Hz.**



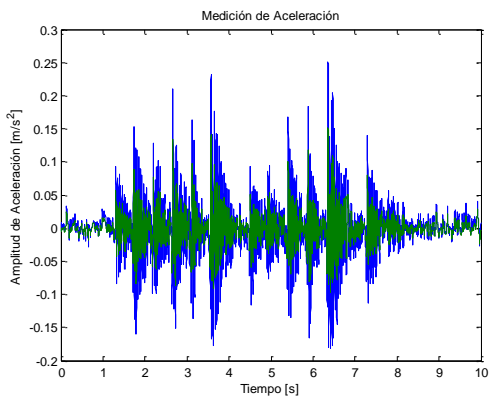
**Figura B317. Casa N°16, Individuo 2, 2.0 Hz.**



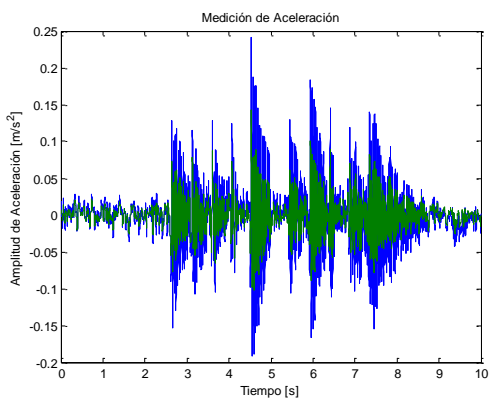
**Figura B315. Casa N°16, Individuo 2, 1.8 Hz.**



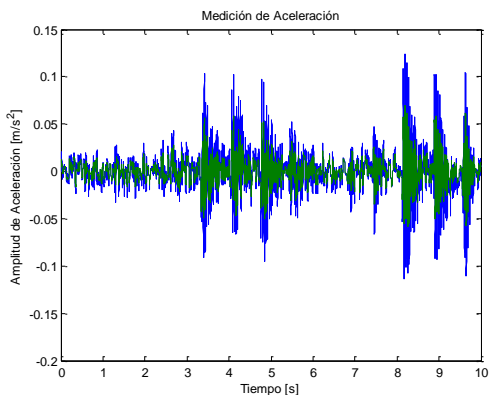
**Figura B318. Casa N°16, Individuo 2, 2.0 Hz.**



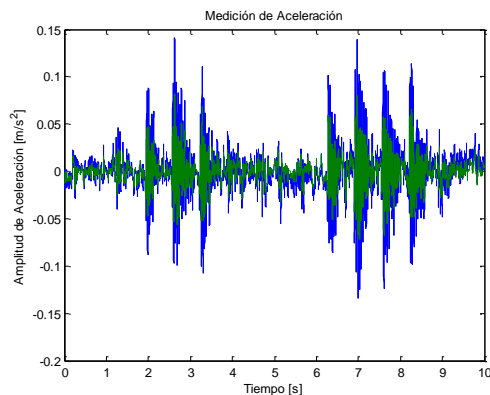
**Figura B319. Casa N°16, Individuo 2, 2.2 Hz.**



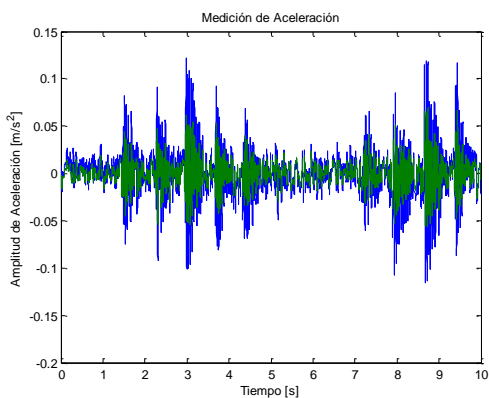
**Figura B320. Casa N°16, Individuo 2, 2.2 Hz.**



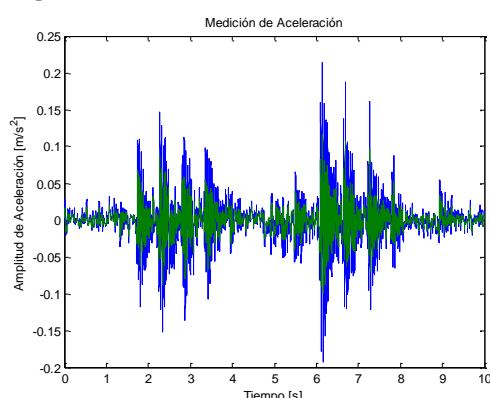
**Figura B321. Casa N°17, Individuo 1, 1.4 Hz.**



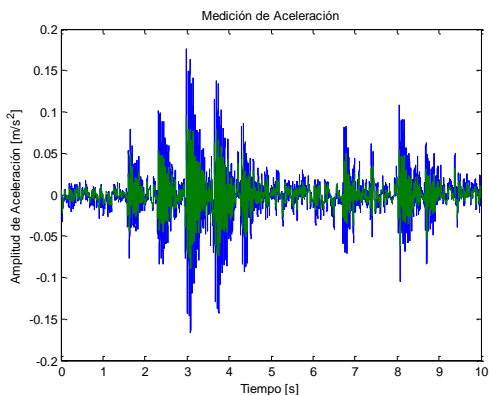
**Figura B324. Casa N°17, Individuo 1, 1.6 Hz.**



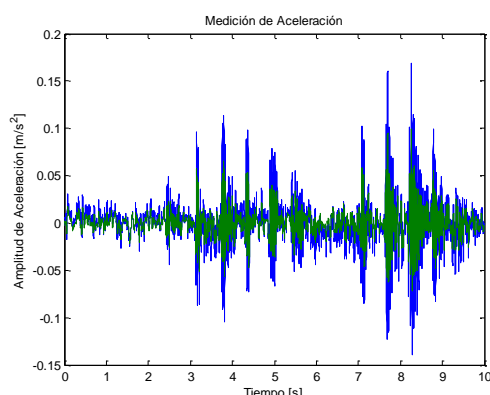
**Figura B322. Casa N°17, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B325. Casa N°17, Individuo 1, 1.8 Hz.**

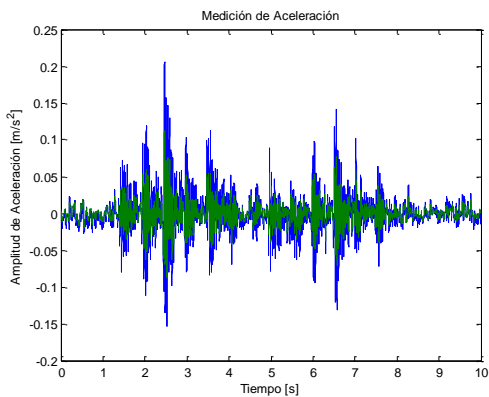


**Figura B323. Casa N°17, Individuo 1, 1.6 Hz.**

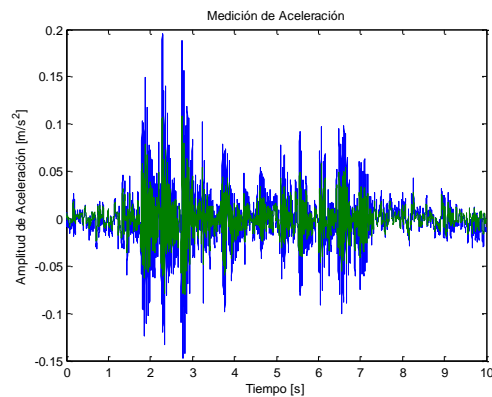


**Figura B326. Casa N°17, Individuo 1, 1.8 Hz.**

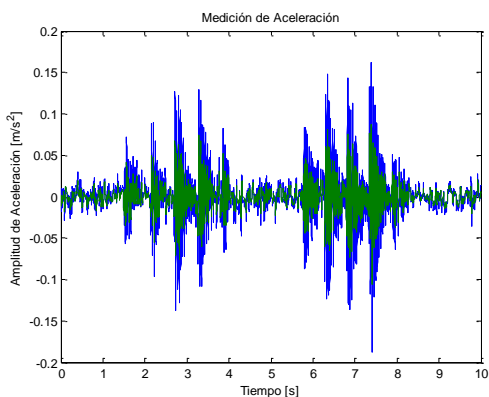




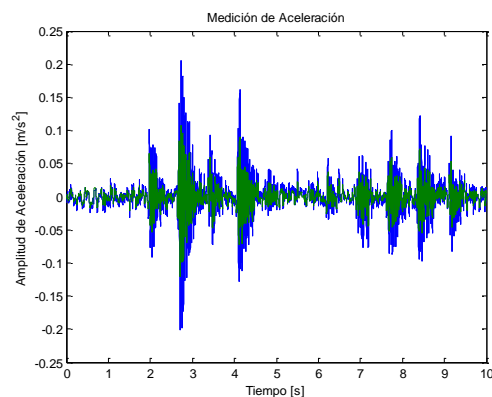
**Figura B327. Casa N°17, Individuo 1, 2.0 Hz.**



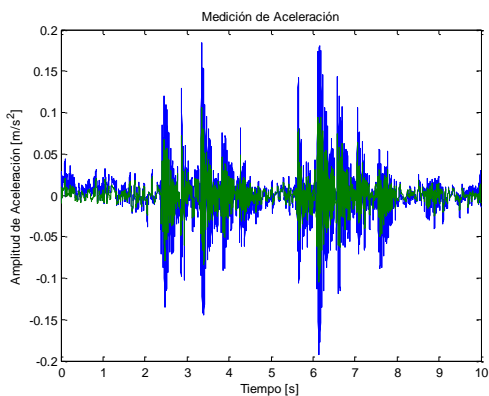
**Figura B330. Casa N°17, Individuo 1, 2.2 Hz.**



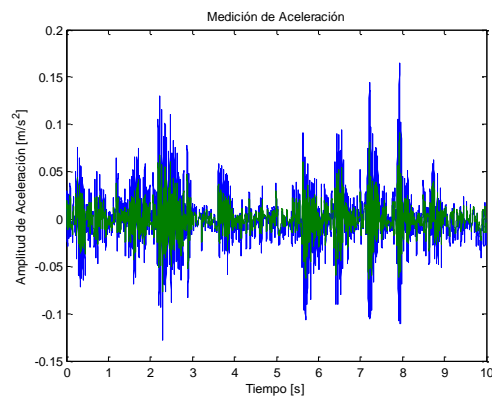
**Figura B328. Casa N°17, Individuo 1, 2.0 Hz.**



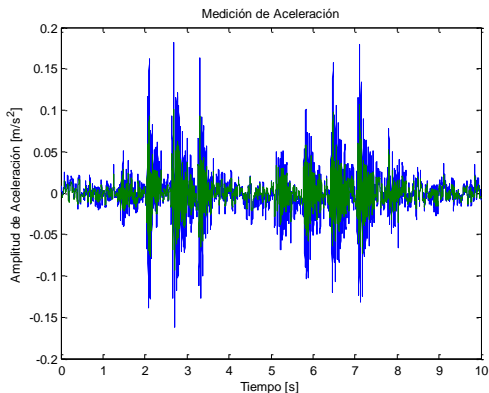
**Figura B331. Casa N°17, Individuo 2, 1.4 Hz.**



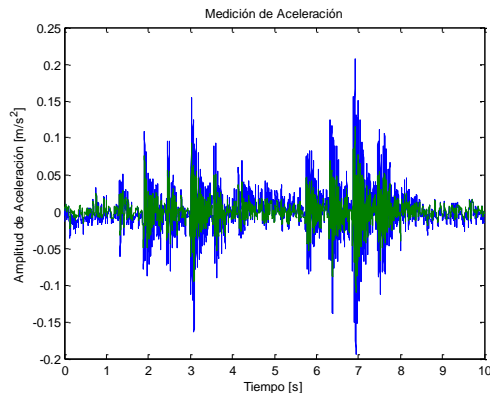
**Figura B329. Casa N°17, Individuo 1, 2.2 Hz.**



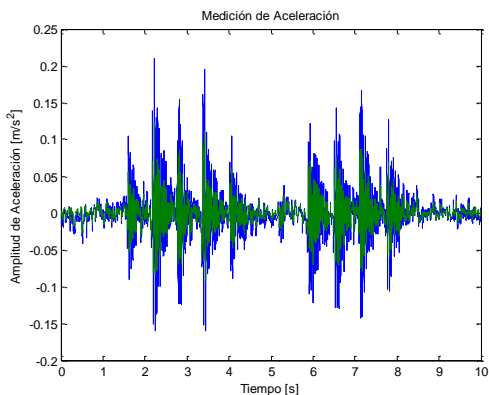
**Figura B332. Casa N°17, Individuo 2, 1.4 Hz.**



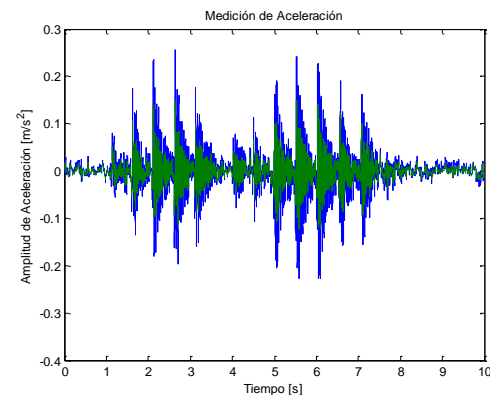
**Figura B333. Casa N°17, Individuo 2, 1.6 Hz.**



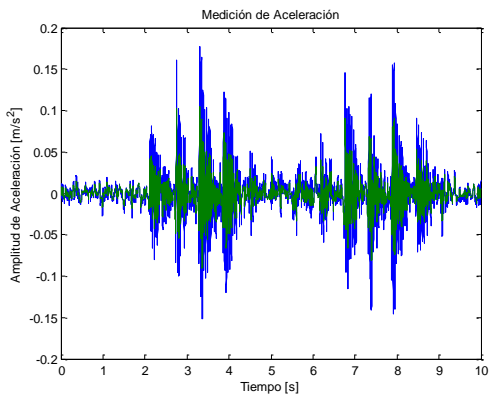
**Figura B336. Casa N°17, Individuo 2, 1.8 Hz.**



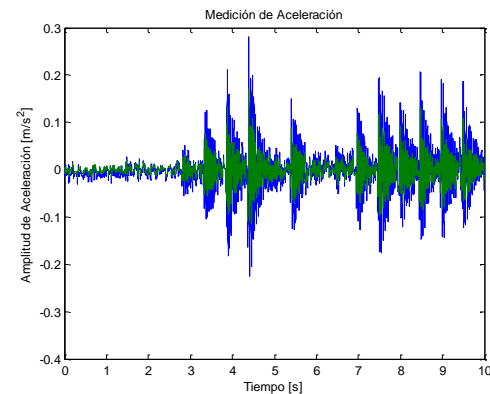
**Figura B334. Casa N°17, Individuo 2, 1.6 Hz.**



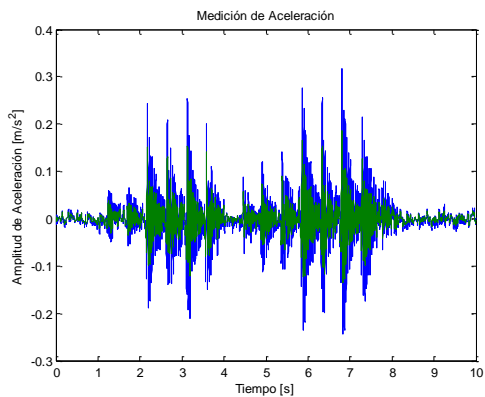
**Figura B337. Casa N°17, Individuo 2, 2.0 Hz.**



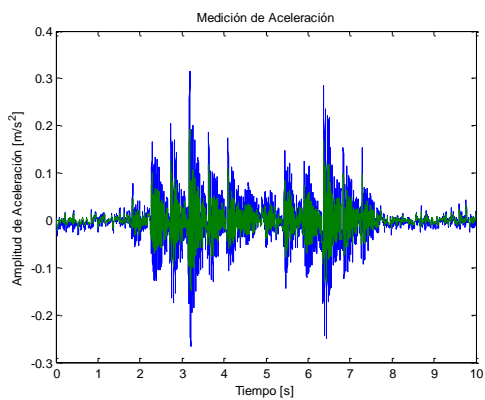
**Figura B335. Casa N°17, Individuo 2, 1.8 Hz.**



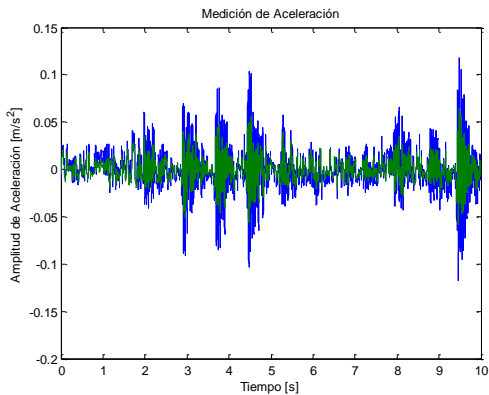
**Figura B338. Casa N°17, Individuo 2, 2.0 Hz.**



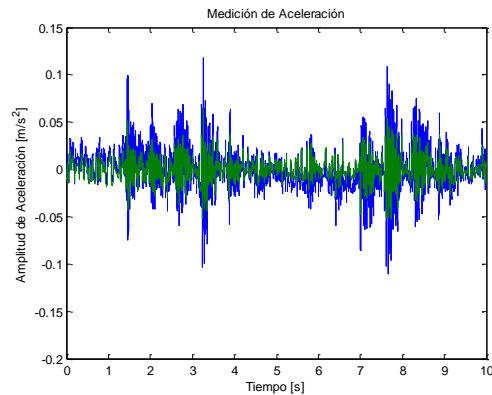
**Figura B339. Casa N°17, Individuo 2, 2.2 Hz.**



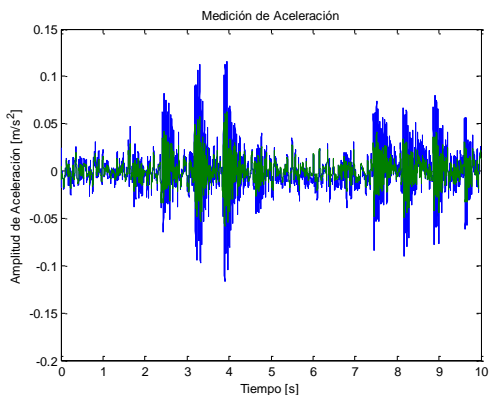
**Figura B340. Casa N°17, Individuo 2, 2.2 Hz.**



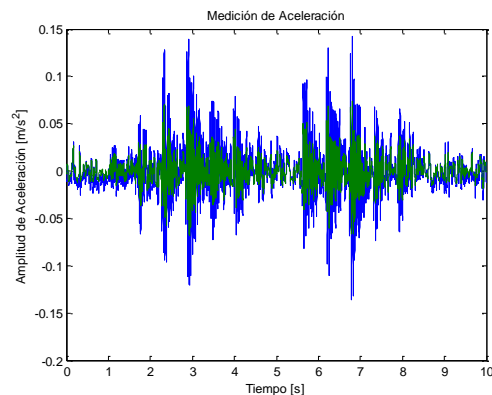
**Figura B341. Casa N°18, Individuo 1, 1.4 Hz.**



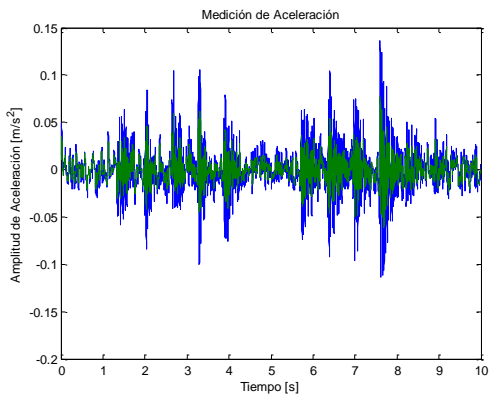
**Figura B344. Casa N°18, Individuo 1, 1.6 Hz.**



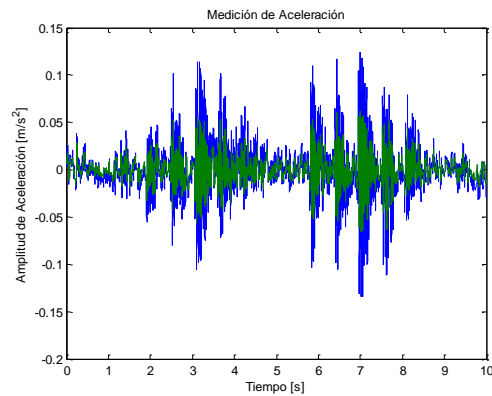
**Figura B342. Casa N°18, Individuo 1, 1.4 Hz.**



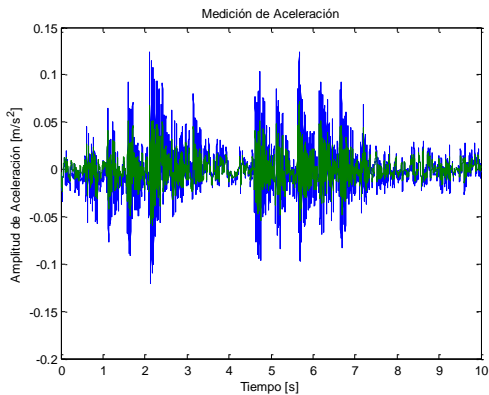
**Figura B345. Casa N°18, Individuo 1, 1.8 Hz.**



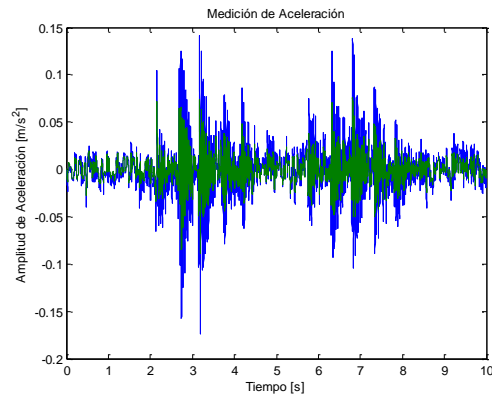
**Figura B343. Casa N°18, Individuo 1, 1.6 Hz.**



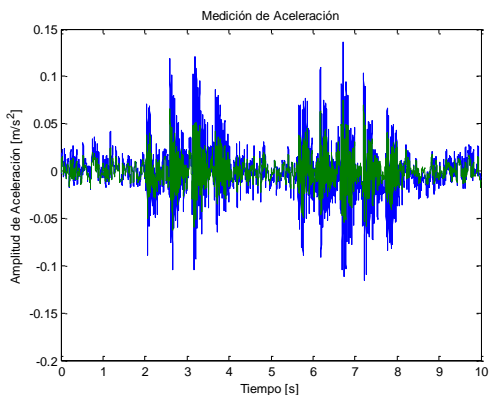
**Figura B346. Casa N°18, Individuo 1, 1.8 Hz.**



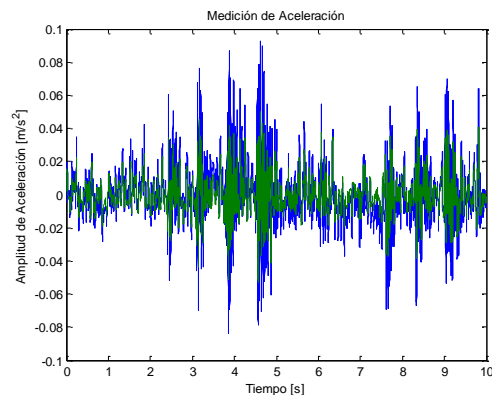
**Figura B347. Casa N°18, Individuo 1, 2.0 Hz.**



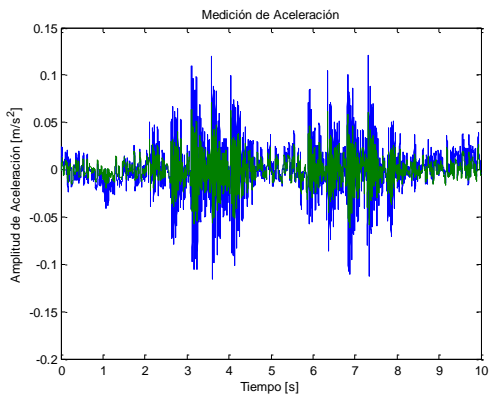
**Figura B350. Casa N°18, Individuo 1, 2.2 Hz.**



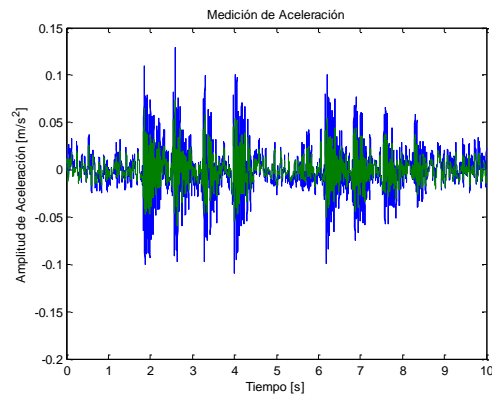
**Figura B348. Casa N°18, Individuo 1, 2.0 Hz.**



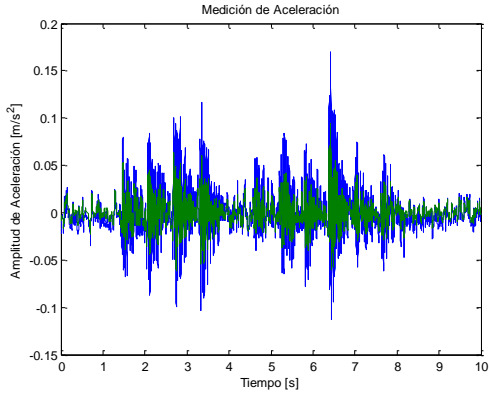
**Figura B351. Casa N°18, Individuo 2, 1.4 Hz.**



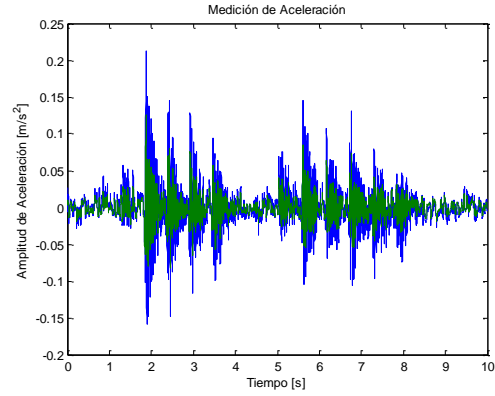
**Figura B349. Casa N°18, Individuo 1, 2.2 Hz.**



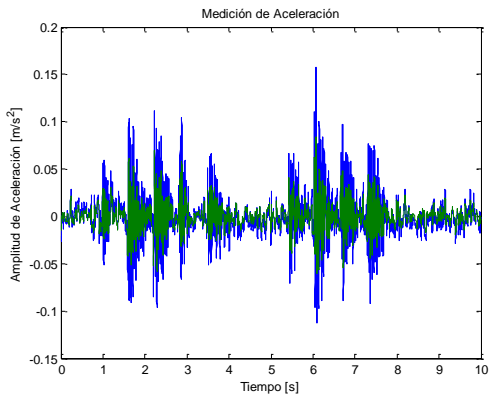
**Figura B352. Casa N°18, Individuo 2, 1.4 Hz.**



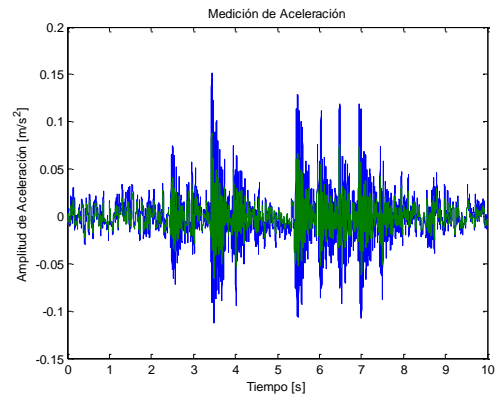
**Figura B353. Casa N°18, Individuo 2, 1.6 Hz.**



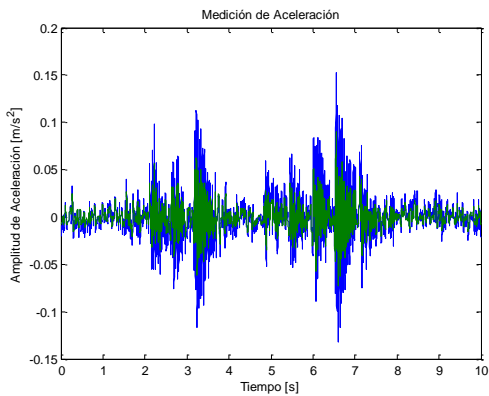
**Figura B356. Casa N°18, Individuo 2, 1.8 Hz.**



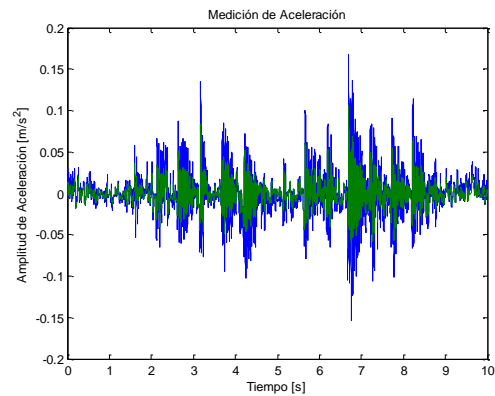
**Figura B354. Casa N°18, Individuo 2, 1.6 Hz.**



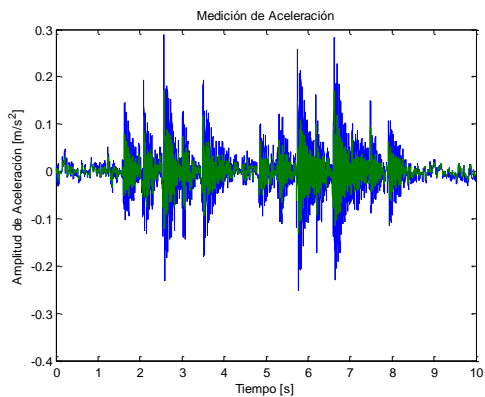
**Figura B357. Casa N°18, Individuo 2, 2.0 Hz.**



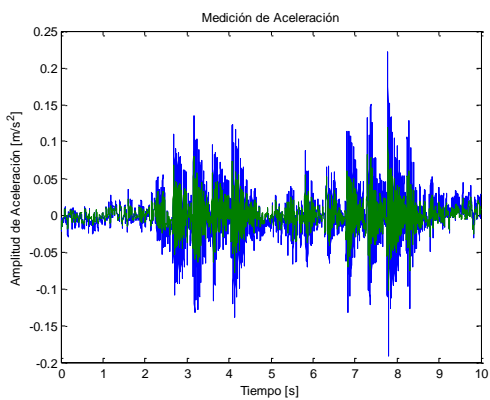
**Figura B355. Casa N°18, Individuo 2, 1.8 Hz.**



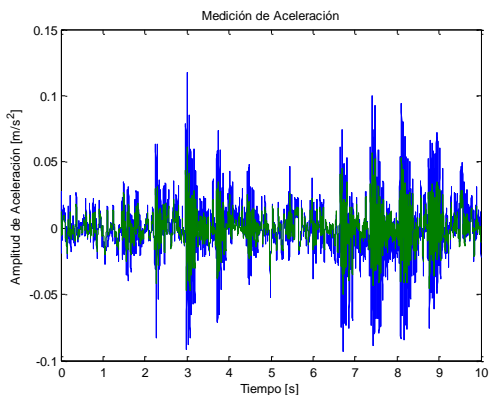
**Figura B358. Casa N°18, Individuo 2, 2.0 Hz.**



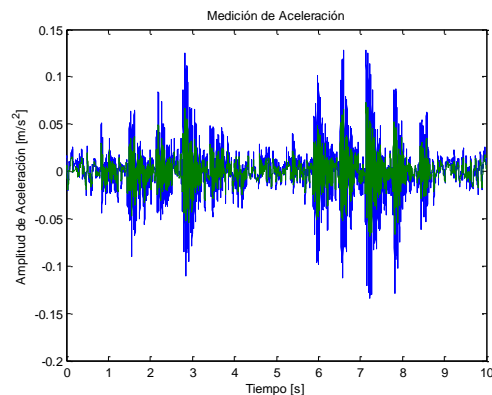
**Figura B359. Casa N°18, Individuo 2, 2.2 Hz.**



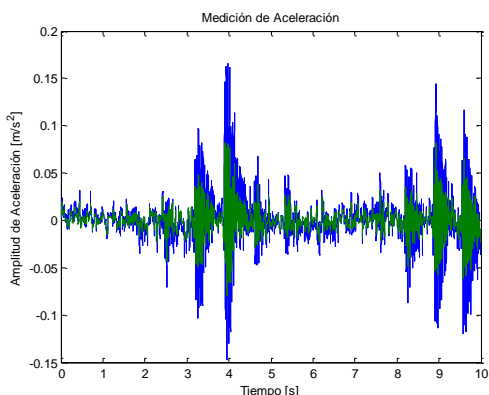
**Figura B360. Casa N°18, Individuo 2, 2.2 Hz.**



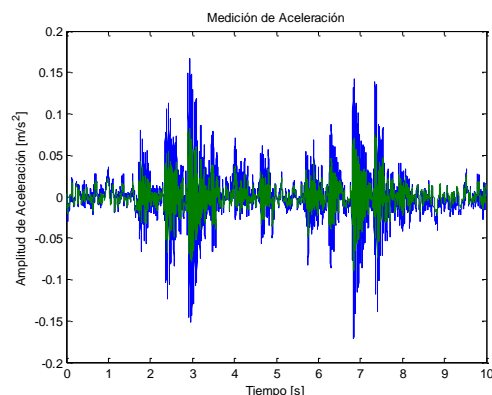
**Figura B361. Casa N°19, Individuo 1, 1.4 Hz.**



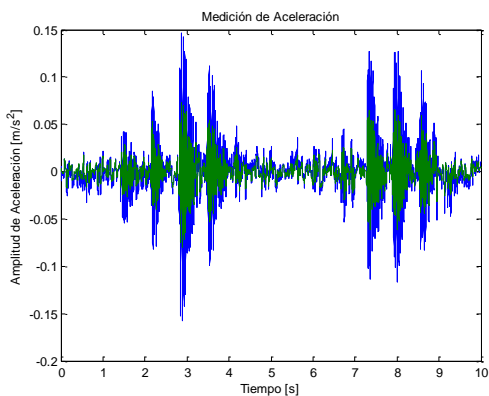
**Figura B364. Casa N°19, Individuo 1, 1.6 Hz.**



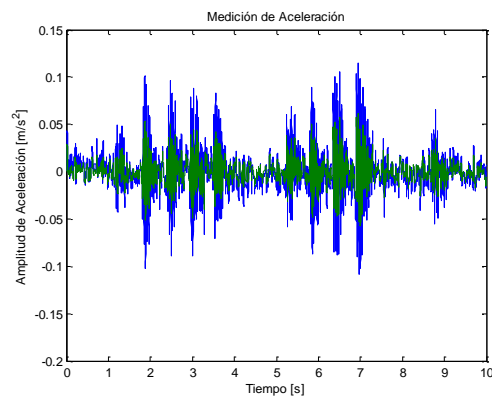
**Figura B362. Casa N°19, Individuo 1, 1.4 Hz.**



**Figura B365. Casa N°19, Individuo 1, 1.8 Hz.**

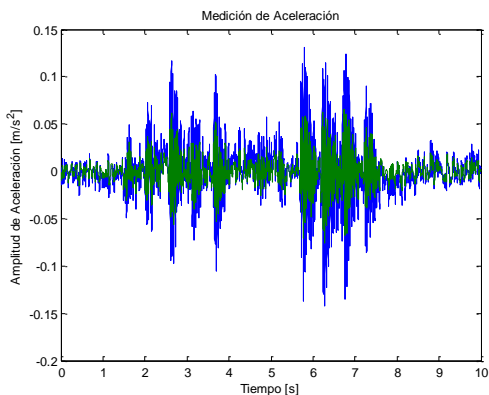


**Figura B363. Casa N°19, Individuo 1, 1.6 Hz.**

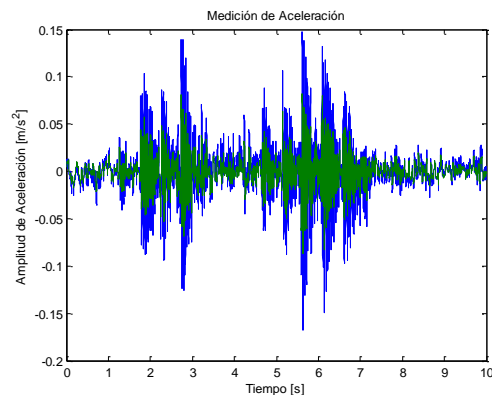


**Figura B366. Casa N°19, Individuo 1, 1.8 Hz.**

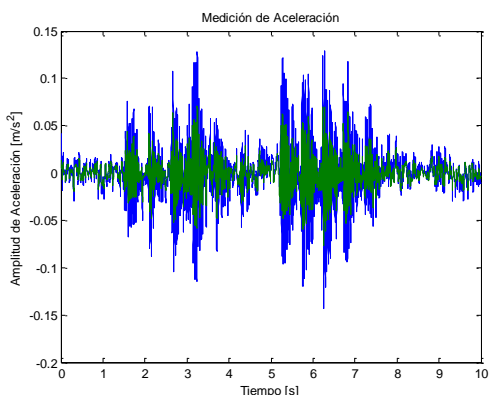




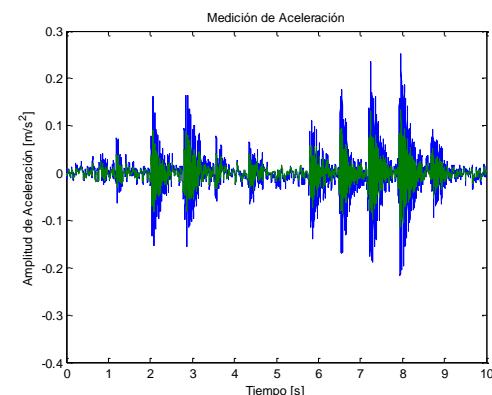
**Figura B367. Casa N°19, Individuo 1, 2.0 Hz.**



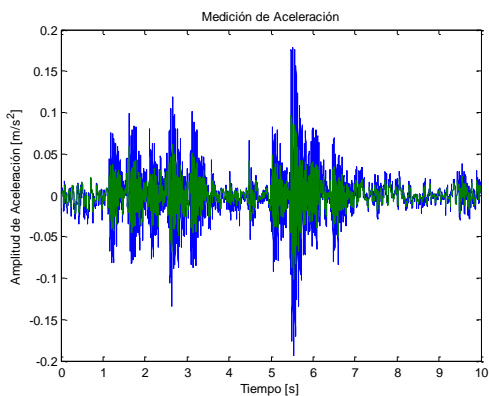
**Figura B370. Casa N°19, Individuo 1, 2.2 Hz.**



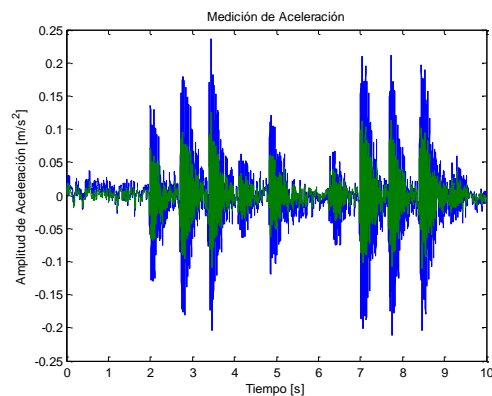
**Figura B368. Casa N°19, Individuo 1, 2.0 Hz.**



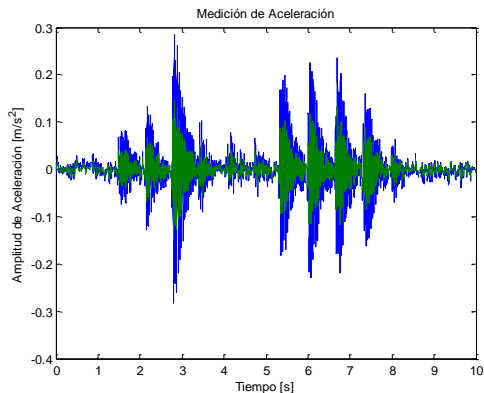
**Figura B371. Casa N°19, Individuo 2, 1.4 Hz.**



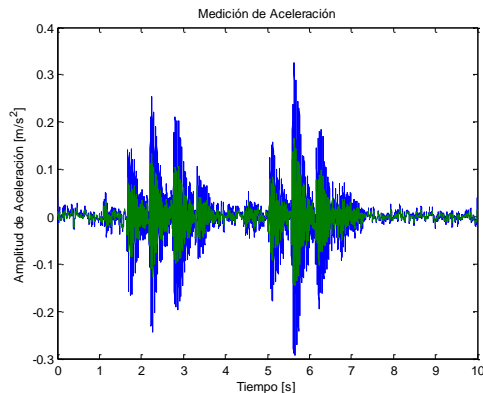
**Figura B369. Casa N°19, Individuo 1, 2.2 Hz.**



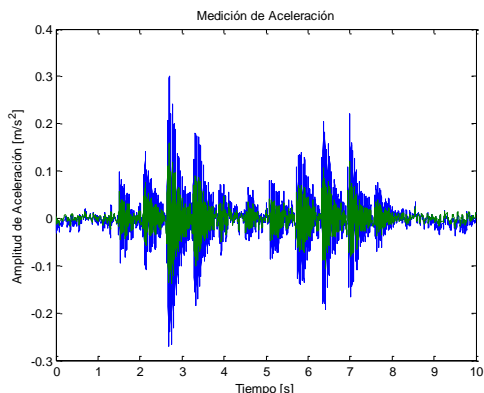
**Figura B372. Casa N°19, Individuo 2, 1.4 Hz.**



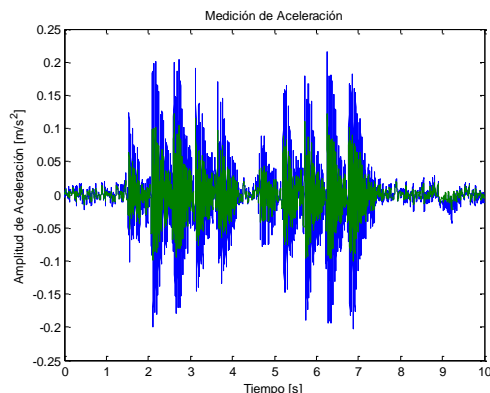
**Figura B373. Casa N°19, Individuo 2, 1.6 Hz.**



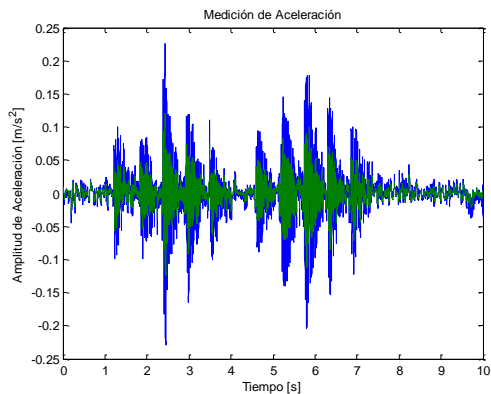
**Figura B376. Casa N°19, Individuo 2, 1.8 Hz.**



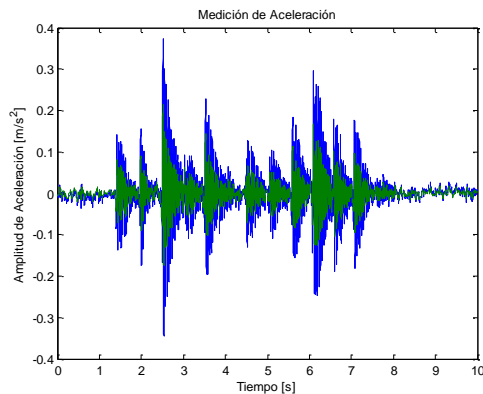
**Figura B374. Casa N°19, Individuo 2, 1.6 Hz.**



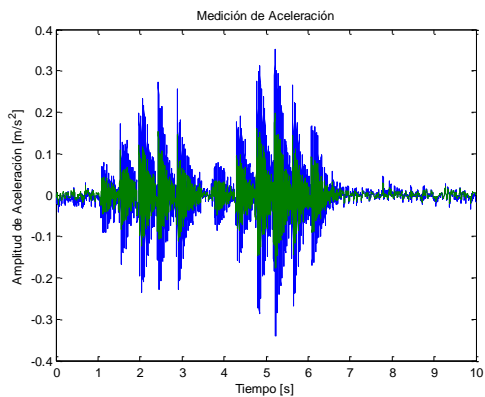
**Figura B377. Casa N°19, Individuo 2, 2.0 Hz.**



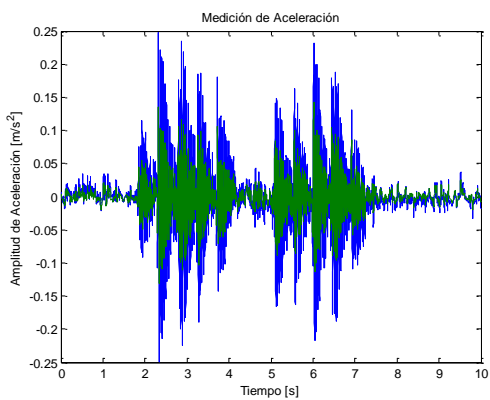
**Figura B375. Casa N°19, Individuo 2, 1.8 Hz.**



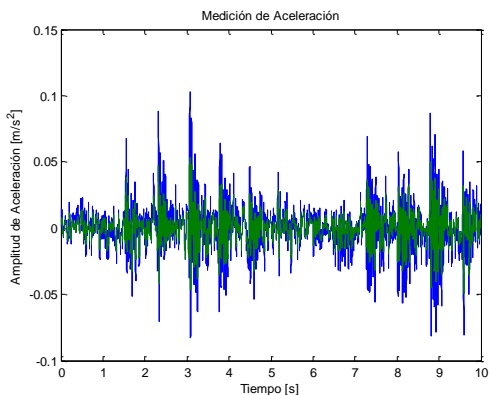
**Figura B378. Casa N°19, Individuo 2, 2.0 Hz.**



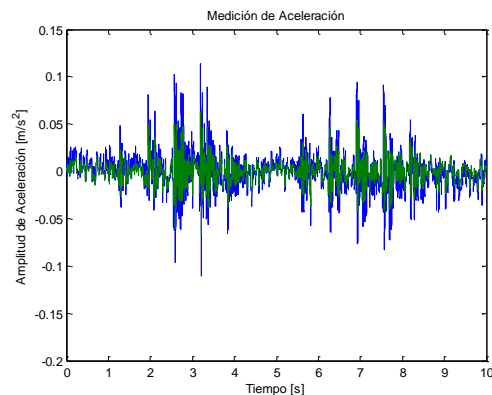
**Figura B379. Casa N°19, Individuo 2, 2.2 Hz.**



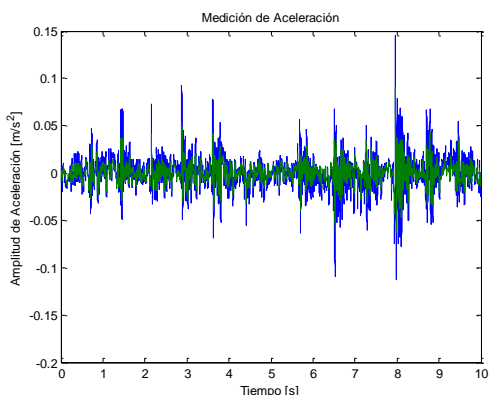
**Figura B380. Casa N°19, Individuo 2, 2.2 Hz.**



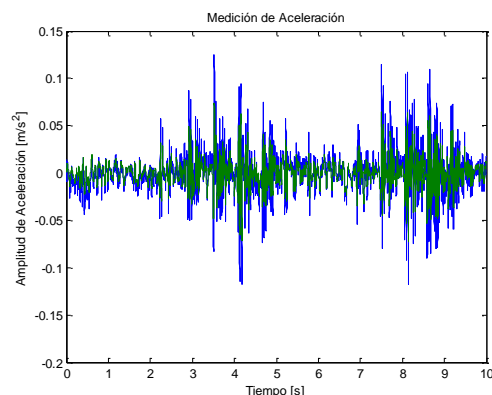
**Figura B381. Casa N°20, Individuo 1, 1.4 Hz.**



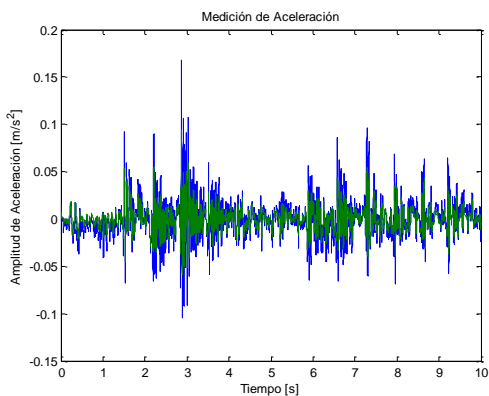
**Figura B384. Casa N°20, Individuo 1, 1.6 Hz.**



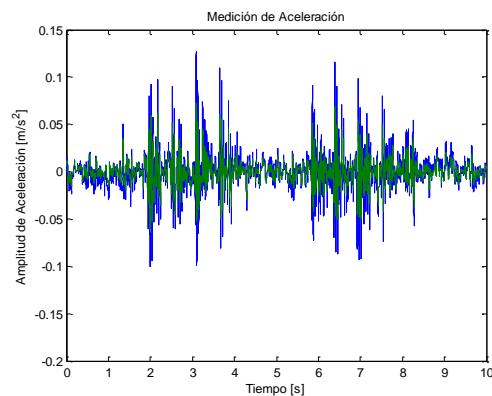
**Figura B382. Casa N°20, Individuo 1, 1.4 Hz.**



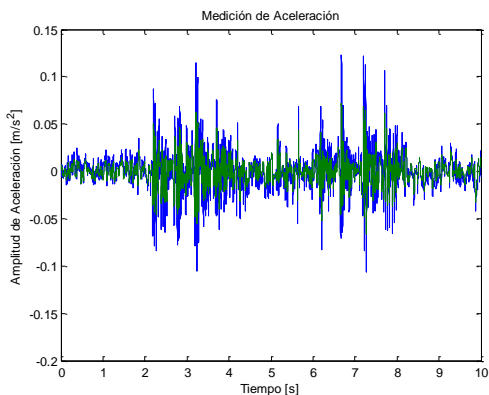
**Figura B385. Casa N°20, Individuo 1, 1.8 Hz.**



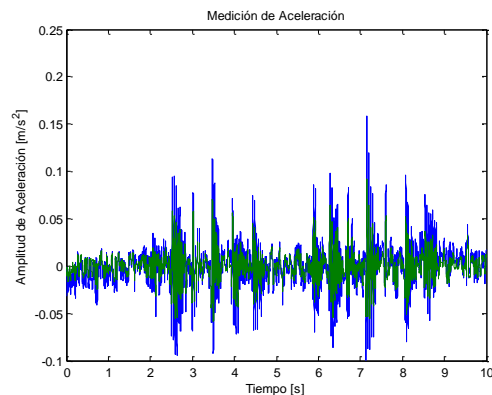
**Figura B383. Casa N°20, Individuo 1, 1.6 Hz.**



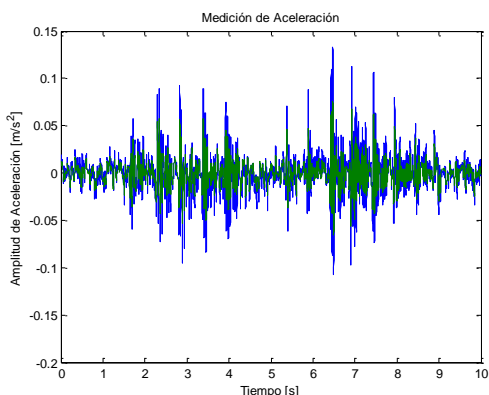
**Figura B386. Casa N°20, Individuo 1, 1.8 Hz.**



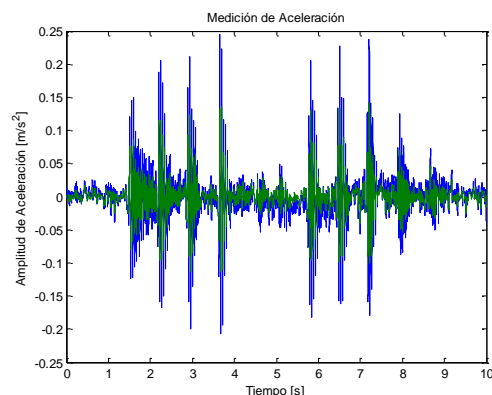
**Figura B387. Casa N°20, Individuo 1, 2.0 Hz.**



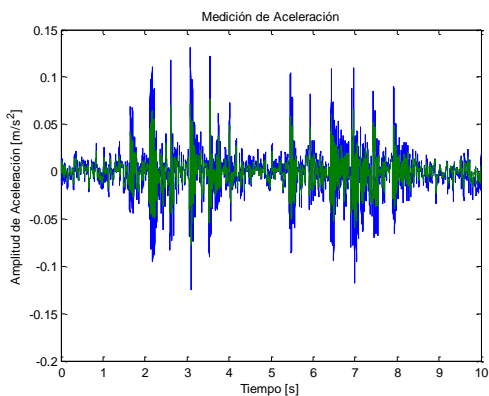
**Figura B390. Casa N°20, Individuo 1, 2.2 Hz.**



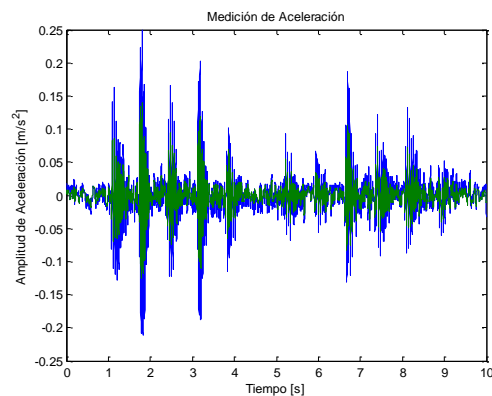
**Figura B388. Casa N°20, Individuo 1, 2.0 Hz.**



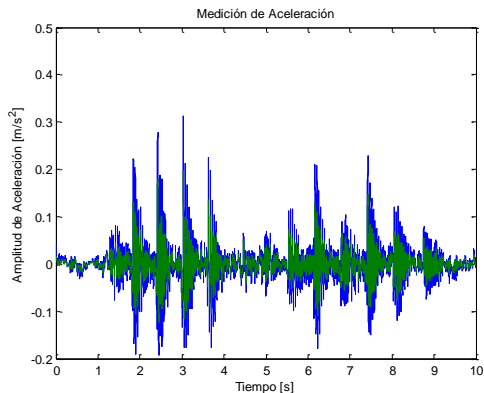
**Figura B391. Casa N°20, Individuo 2, 1.4 Hz.**



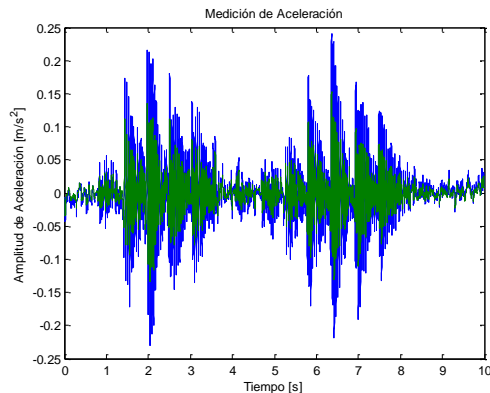
**Figura B389. Casa N°20, Individuo 1, 2.2 Hz.**



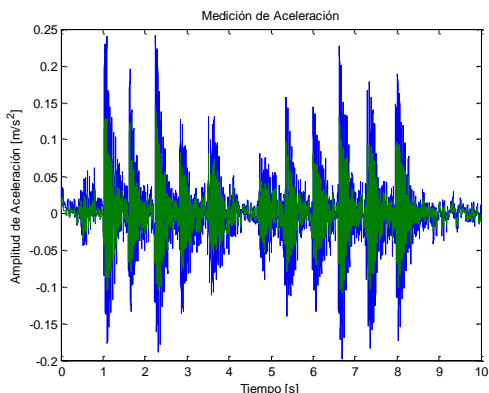
**Figura B392. Casa N°20, Individuo 2, 1.4 Hz.**



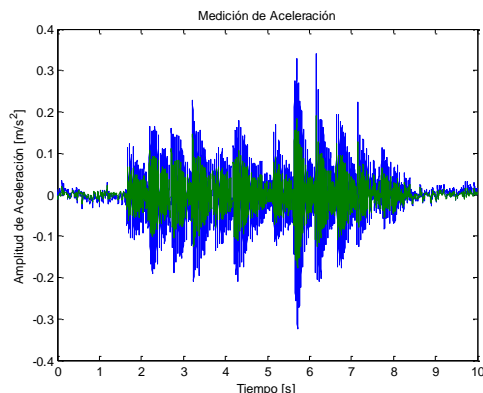
**Figura B393. Casa N°20, Individuo 2, 1.6 Hz.**



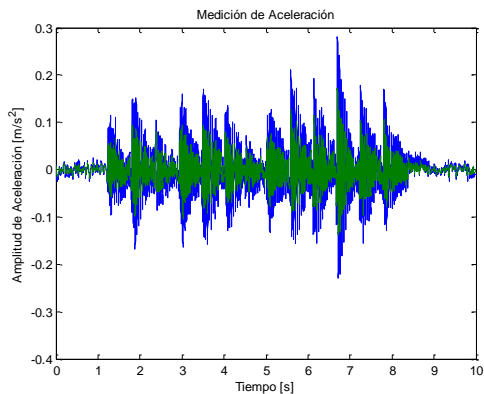
**Figura B396. Casa N°20, Individuo 2, 1.8 Hz.**



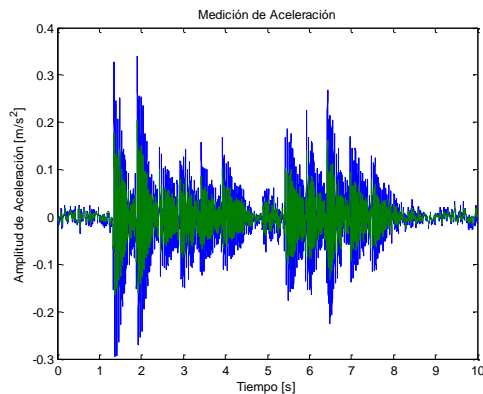
**Figura B394. Casa N°20, Individuo 2, 1.6 Hz.**



**Figura B397. Casa N°20, Individuo 2, 2.0 Hz.**



**Figura B395. Casa N°20, Individuo 2, 1.8 Hz.**



**Figura B398. Casa N°20, Individuo 2, 2.0 Hz.**

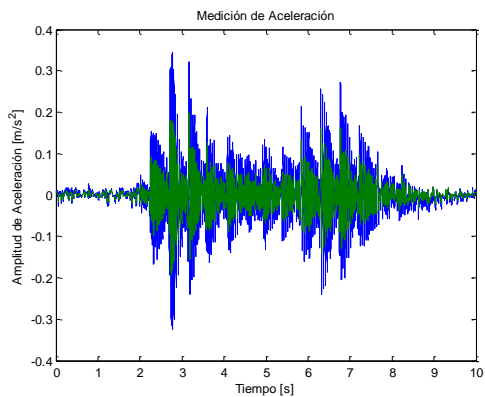


Figura B399. Casa N°20, Individuo 2, 2.2 Hz.

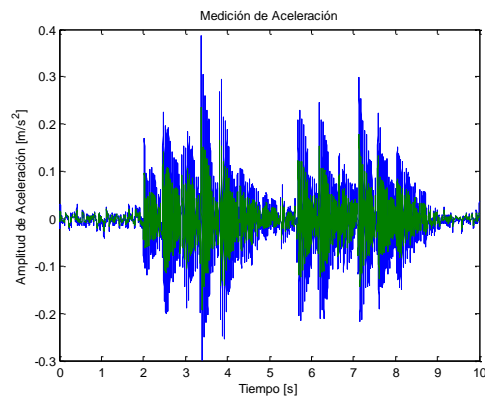


Figura B400. Casa N°20, Individuo 2, 2.2 Hz.

**ANEXO C: Tablas de Serviciabilidad.**



A continuación se presentan las tablas que muestran en que categoría cae cada losa al caminar a todas las frecuencias y en ambos intentos, según el criterio de Toratti y Talja.

CASA 6		CASA 7		CASA 8		CASA 9		CASA 10	
VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)	
0.2248	A	0.2162	A	0.2041	A	0.1933	A	0.2285	A
0.2895	A	0.1904	A	0.2254	A	0.2124	A	0.2316	A
0.2372	A	0.2101	A	0.1846	A	0.2027	A	0.2035	A
0.2538	A	0.2152	A	0.191	A	0.2008	A	0.2286	A
0.2473	A	0.2274	A	0.1805	A	0.2159	A	0.2508	A
0.236	A	0.2032	A	0.2001	A	0.2249	A	0.2236	A
0.2513	A	0.2384	A	0.2254	A	0.2052	A	0.2066	A
0.2676	A	0.2181	A	0.2448	A	0.2034	A	0.227	A
0.2397	A	0.2146	A	0.2247	A	0.2371	A	0.2304	A
0.2396	A	0.2302	A	0.206	A	0.1927	A	0.2343	A
0.2589	A	0.2427	A	0.2423	A	0.221	A	0.2609	A
0.2746	A	0.2162	A	0.2314	A	0.2291	A	0.2525	A
0.2608	A	0.2127	A	0.2112	A	0.2293	A	0.3429	B
0.2312	A	0.2152	A	0.2531	A	0.272	A	0.2783	A
0.2418	A	0.2313	A	0.2641	A	0.2527	A	0.256	A
0.2717	A	0.2481	A	0.2769	A	0.264	A	0.26	A
0.2682	A	0.3093	B	0.2606	A	0.3109	B	0.26	A
0.2406	A	0.2684	A	0.3367	B	0.2951	A	0.3433	B
0.2419	A	0.2815	A	0.3756	B	0.419	B	0.315	B
0.2702	A	0.3064	B	0.3573	B	0.288	A	0.338	B

CASA 11		CASA 12		CASA 13		CASA 14		CASA 15	
VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)	
0.1788	A	0.2594	A	0.2353	A	0.2314	A	0.2192	A
0.2019	A	0.2025	A	0.2573	A	0.2315	A	0.1915	A
0.1862	A	0.2134	A	0.3612	B	0.2182	A	0.2103	A
0.2158	A	0.2534	A	0.2411	A	0.2489	A	0.2072	A
0.2568	A	0.2676	A	0.3367	B	0.2455	A	0.2551	A
0.2002	A	0.2441	A	0.284	A	0.2745	A	0.2057	A
0.2347	A	0.2242	A	0.3192	B	0.267	A	0.2427	A
0.1923	A	0.2729	A	0.3518	B	0.2649	A	0.249	A
0.217	A	0.2352	A	0.2964	A	0.2646	A	0.2523	A
0.203	A	0.2313	A	0.2513	A	0.2819	A	0.2022	A
0.2306	A	0.2707	A	0.3076	B	0.339	B	0.2869	A
0.2719	A	0.307	B	0.4866	B	0.2515	A	0.2194	A
0.2837	A	0.2858	A	0.331	B	0.3521	B	0.3593	B
0.2766	A	0.2812	A	0.3577	B	0.3904	B	0.343	B
0.2969	A	0.4411	B	0.4038	B	0.3475	B	0.3532	B
0.2929	A	0.3139	B	0.3763	B	0.3265	B	0.3624	B
0.3394	B	0.4186	B	0.4935	B	0.334	B	0.3232	B
0.3011	B	0.3808	B	0.3526	B	0.3611	B	0.3426	B
0.4213	B	0.5472	B	0.475	B	0.5241	B	0.3787	B
0.3984	B	0.4823	B	0.568	B	0.4939	B	0.3273	B

CASA 16		CASA 17		CASA 18		CASA 19		CASA 20	
VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)		VRMSm (mm/s)	
0.2453	A	0.2308	A	0.2056	A	0.2036	A	0.1916	A
0.2453	A	0.2269	A	0.2201	A	0.264	A	0.1956	A
0.2123	A	0.2711	A	0.2427	A	0.207	A	0.2491	A
0.2123	A	0.2597	A	0.1963	A	0.2332	A	0.2138	A
0.2456	A	0.3118	B	0.2214	A	0.24	A	0.2654	A
0.2528	A	0.2539	A	0.2319	A	0.2191	A	0.2336	A
0.2399	A	0.201	A	0.2622	A	0.2433	A	0.2437	A
0.253	A	0.2571	A	0.2422	A	0.2312	A	0.2187	A
0.2634	A	0.2762	A	0.2132	A	0.2249	A	0.2429	A
0.2505	A	0.315	B	0.2205	A	0.2537	A	0.2627	A
0.2455	A	0.2909	A	0.2053	A	0.3	B	0.3344	B
0.2777	A	0.2376	A	0.2393	A	0.3138	B	0.3183	B
0.2879	A	0.2665	A	0.2573	A	0.3434	B	0.4215	B
0.3012	B	0.287	A	0.2382	A	0.3501	B	0.3549	B
0.3338	B	0.2805	A	0.2515	A	0.2911	A	0.4136	B
0.2989	A	0.2867	A	0.2748	A	0.393	B	0.3925	B
0.3599	B	0.3658	B	0.2453	A	0.3907	B	0.4951	B
0.3239	B	0.3542	B	0.2526	A	0.3907	B	0.4788	B
0.3329	B	0.4186	B	0.3586	B	0.4969	B	0.5499	B
0.323	B	0.4102	B	0.2782	A	0.3684	B	0.5799	B

**ANEXO D: Ponderador W definido en la norma ISO 2631-1.**

El factor de ponderación W para las vibraciones verticales la norma ISO 2631-1 lo define como

se presenta en la ecuación siguiente, y sirve para analizar solo el contenido de frecuencia que es de importancia sobre el confort humano.

$$H(p) = H_h(p) * H_1(p) * H_t(p) * H_s(p)$$

Este factor se define como un filtro de pasa banda con  $f_1$  y  $f_2$  como 0,4 Hz y 100 Hz respectivamente. Los parámetros de transición de aceleración velocidad  $f_3$ ,  $f_4$  y  $Q_4$  como 12,5 Hz, 12,5 Hz y 0,62. Y los parámetros  $f_5$ ,  $Q_5$ ,  $f_6$  y  $Q_6$  como 2,37 Hz, 0,91, 3,35 Hz y 0,91.

La multiplicación de  $H_h * H_1$  es otro filtro de pasa banda, donde  $H_h$  y  $H_1$  corresponden a un filtro pasa baja y pasa alta respectivamente, definidos por las ecuaciones siguientes:

$$|H_h(p)| = \sqrt{\frac{f^4}{f^4 + f_1^4}}$$

$$|H_1(p)| = \sqrt{\frac{f_2^4}{f^4 + f_2^4}}$$

El producto de  $H_t * H_s$  corresponden a el factor de ponderación en si, donde  $H_t$  y  $H_s$  están definidas por las ecuaciones siguientes:

$$|H_t(p)| = \sqrt{\frac{f^2 + f_3^2}{f_3^2}} * \sqrt{\frac{f_4^4 * Q_4^2}{f^4 * Q_4^2 + f^2 * f_4^2 * (1 - 2 * Q_4^2) + f_4^4 * Q_4^2}}$$

$$|H_s(p)| = \frac{Q_6}{Q_5} * \sqrt{\frac{f^4 * Q_5^2 + f^2 * f_5^2 * (1 - 2 * Q_5^2) + f_5^4 * Q_5^2}{f^4 * Q_6^2 + f^2 * f_6^2 * (1 - 2 * Q_6^2) + f_6^4 * Q_6^2}}$$

**ANEXO E: Estudio de la frecuencia de caminar de las personas.**

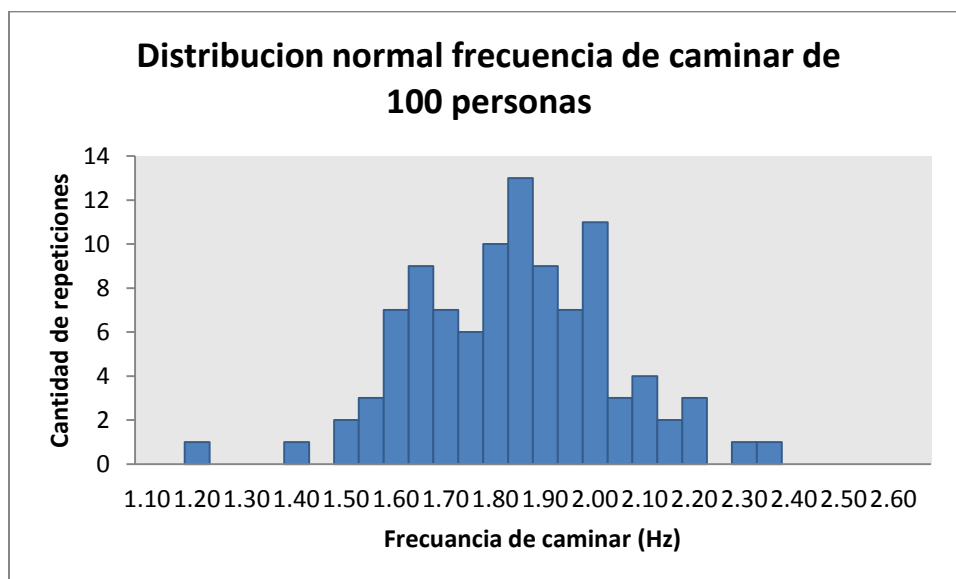
La siguiente tabla muestra el estudio realizado con 100 personas que consistió en grabar un video en el cual se tomo el tiempo y la cantidad de pasos de cada individuo, teniendo los siguientes resultados:

	tiempo (s)	pasos	FRECUENCIA (Hz)
1	5.5	12	2.182
2	5.3	12	2.264
3	6.4	10	1.563
4	5.5	10	1.818
5	5.2	10	1.923
6	4.7	10	2.128
7	5.8	12	2.069
8	8	12	1.500
9	6.7	10	1.493
10	5.5	10	1.818
11	5.5	10	1.818
12	5.1	10	1.961
13	6.4	12	1.875
14	6.2	12	1.935
15	5.5	10	1.818
16	6.4	10	1.563
17	6.1	10	1.639
18	5.5	10	1.818
19	4.2	8	1.905
20	5.6	10	1.786
21	5.1	9	1.765
22	5.6	10	1.786
23	4.9	9	1.837
24	5.1	10	1.961
25	4.2	9	2.143
26	5	9	1.800
27	6	10	1.667
28	7	12	1.714
29	6	10	1.667
30	5.1	10	1.961
31	4.5	8	1.778
32	4.8	9	1.875
33	5.4	10	1.852
34	7.6	12	1.579
35	6.6	10	1.515
36	5.3	10	1.887

37	5.4	9	1.667
38	4.1	8	1.951
39	6.1	10	1.639
40	4.5	8	1.778
41	6.5	10	1.538
42	6.3	12	1.905
43	4.7	9	1.915
44	5.1	9	1.765
45	4.8	10	2.083
46	6	7	1.167
47	5.5	10	1.818
48	5.4	9	1.667
49	3.7	8	2.162
50	6.3	10	1.587
51	5.5	10	1.818
52	5.9	10	1.695
53	5.4	9	1.667
54	4.6	9	1.957
55	5.5	10	1.818
56	6.6	10	1.515
57	4.8	10	2.083
58	4.5	8	1.778
59	5.5	10	1.818
60	6.4	10	1.563
61	5.3	10	1.887
62	6.1	10	1.639
63	6.1	10	1.639
64	5.5	10	1.818
65	5.8	10	1.724
66	4.3	10	2.326
67	5.1	10	1.961
68	4.8	10	2.083
69	5.1	10	1.961
70	8.2	13	1.585
71	4.7	9	1.915
72	5.4	10	1.852
73	5.6	10	1.786
74	7.2	10	1.389
75	6.2	10	1.613
76	4.6	9	1.957
77	5.4	11	2.037



78	5.8	10	1.724
79	6	12	2.000
80	5.7	10	1.754
81	5.9	10	1.695
82	5.1	10	1.961
83	5.5	9	1.636
84	4.9	10	2.041
85	7.7	12	1.558
86	7	12	1.714
87	5.5	10	1.818
88	5.3	10	1.887
89	4.9	8	1.633
90	5.3	10	1.887
91	5.4	10	1.852
92	4.9	10	2.041
93	4.3	7	1.628
94	6.2	10	1.613
95	4.2	8	1.905
96	6	12	2.000
97	3.7	8	2.162
98	5.5	10	1.818
99	4.6	8	1.739
100	5.8	10	1.724
media		1.810	
desviación estándar		0.1964	



**ANEXO F: Gráficos velocidad RMS móvil promedio por casa.**

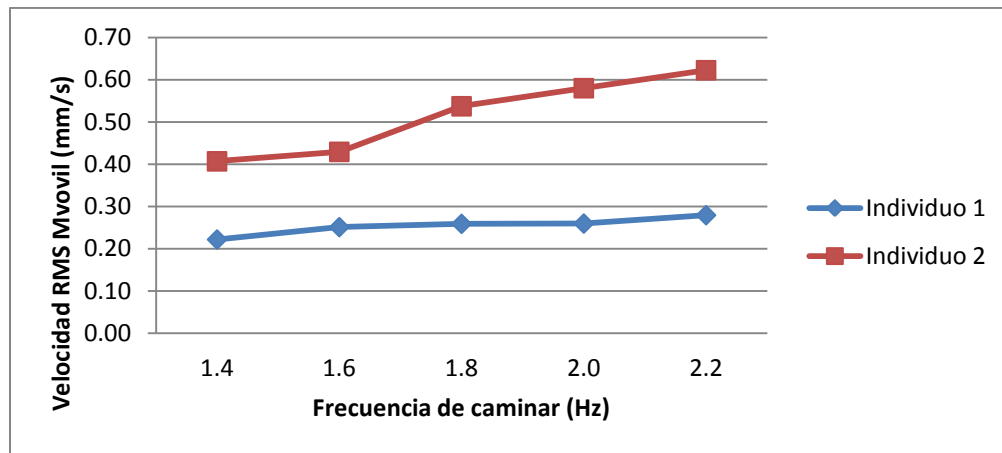


Figura F1. Velocidad RMS móvil casa 1.

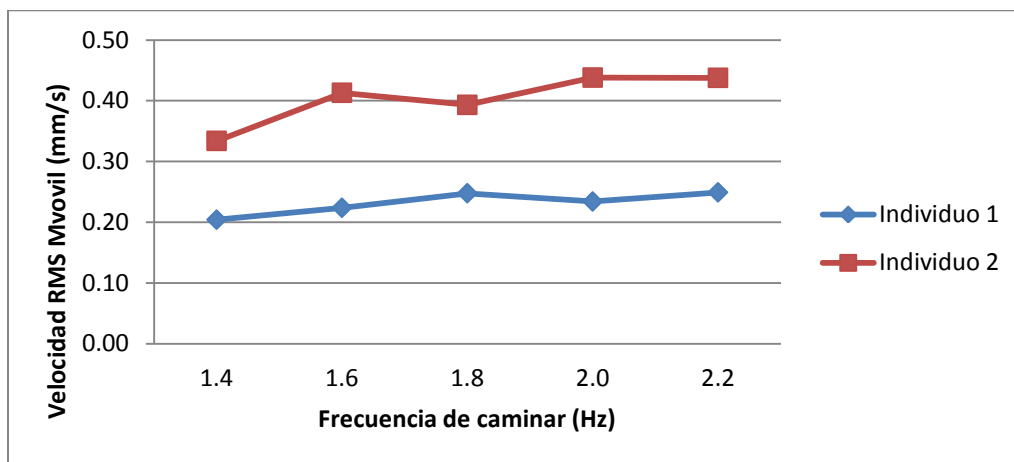


Figura F2. Velocidad RMS móvil casa 2.

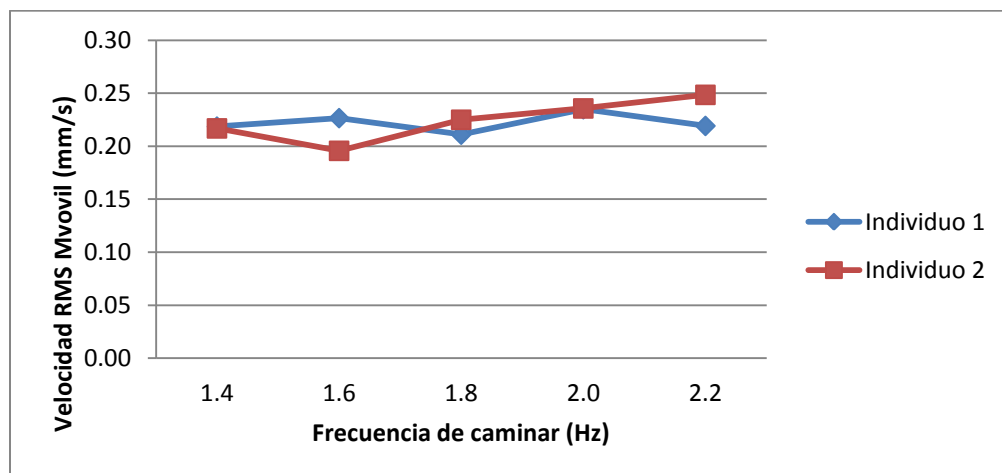


Figura F3. Velocidad RMS móvil casa 3.

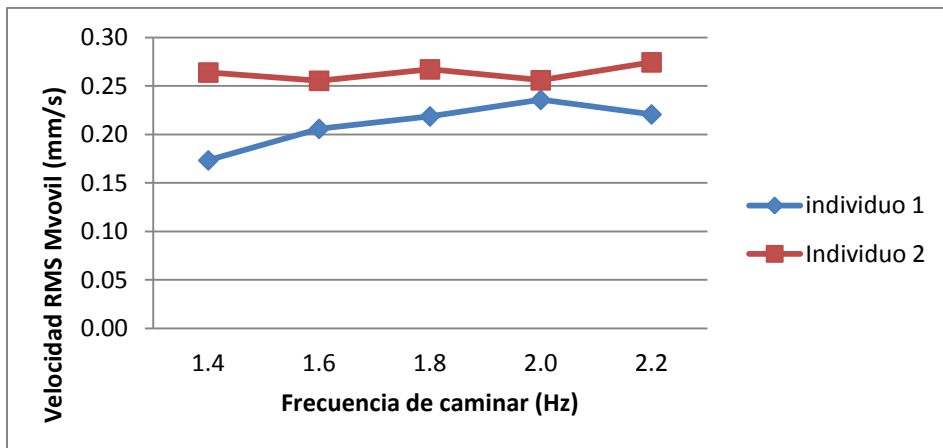


Figura F4. Velocidad RMS móvil casa 4.

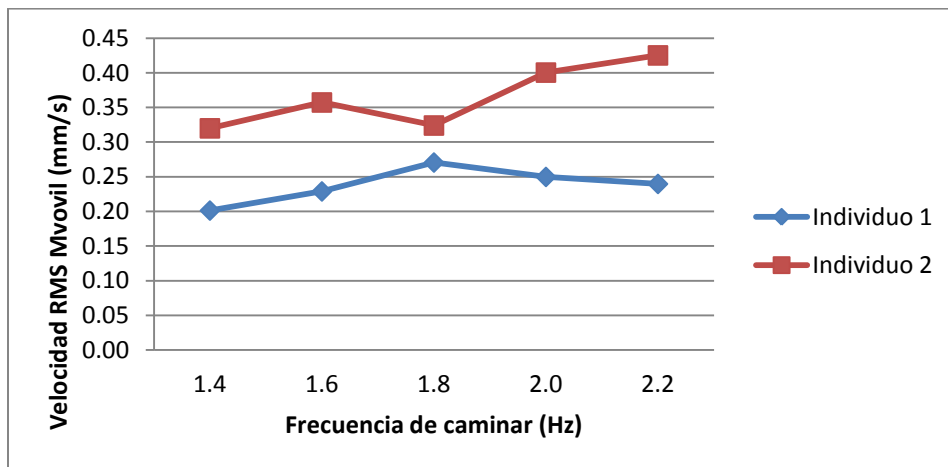


Figura F5. Velocidad RMS móvil casa 5.

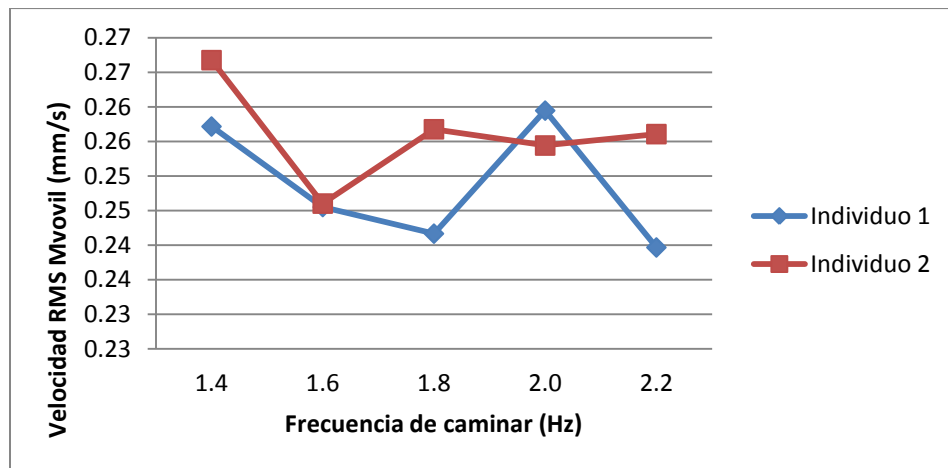


Figura F6. Velocidad RMS móvil casa 6.

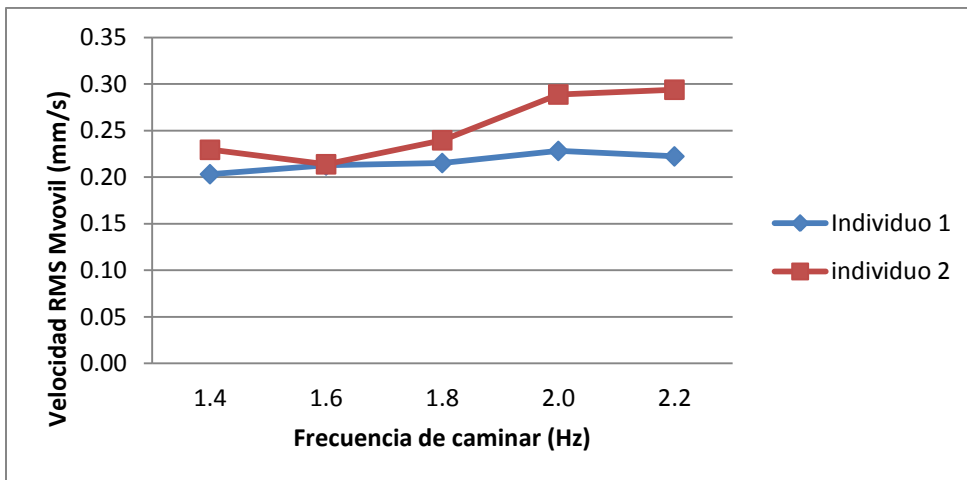


Figura F7. Velocidad RMS móvil casa 7.

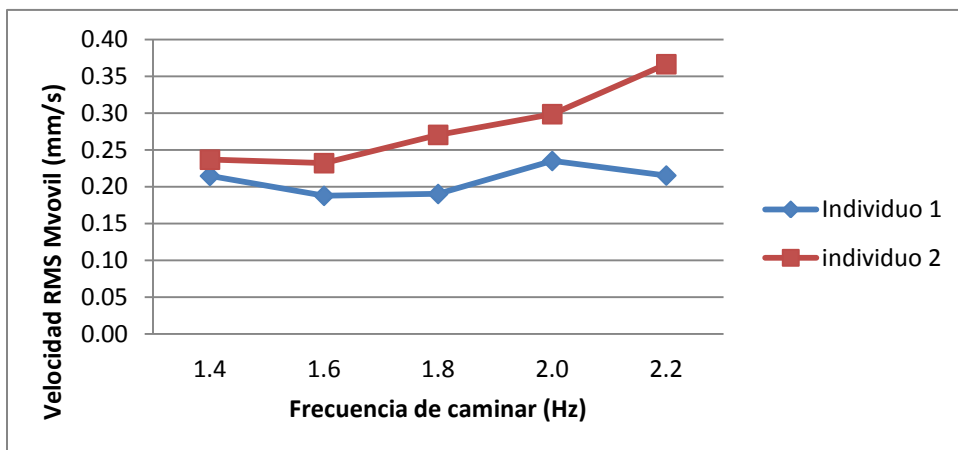


Figura F8. Velocidad RMS móvil casa 8.

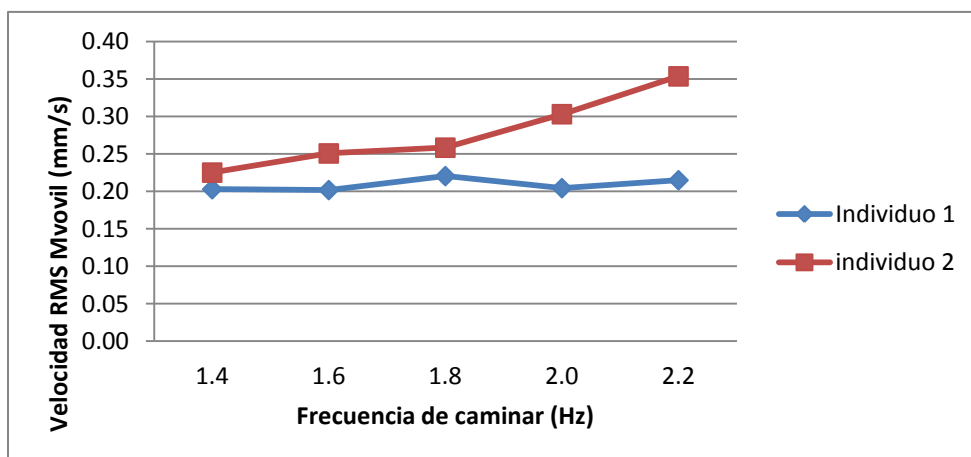


Figura F9. Velocidad RMS móvil casa 9.

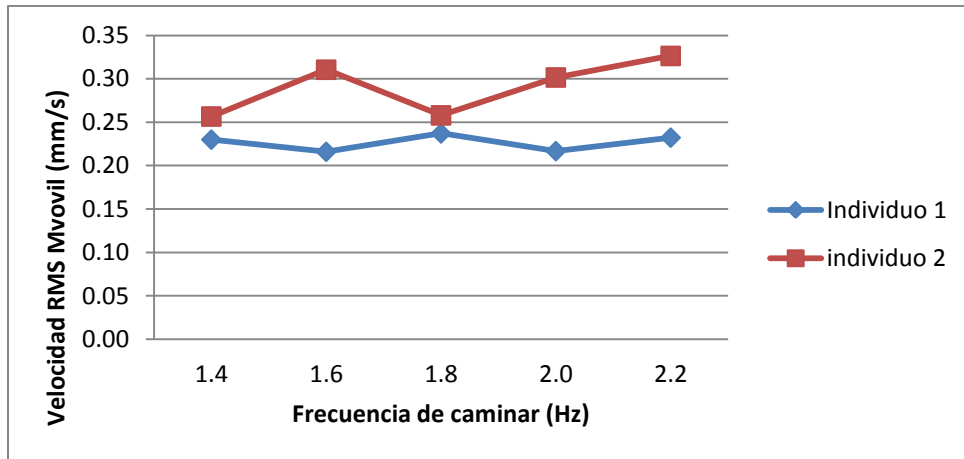


Figura F10. Velocidad RMS móvil casa 10.

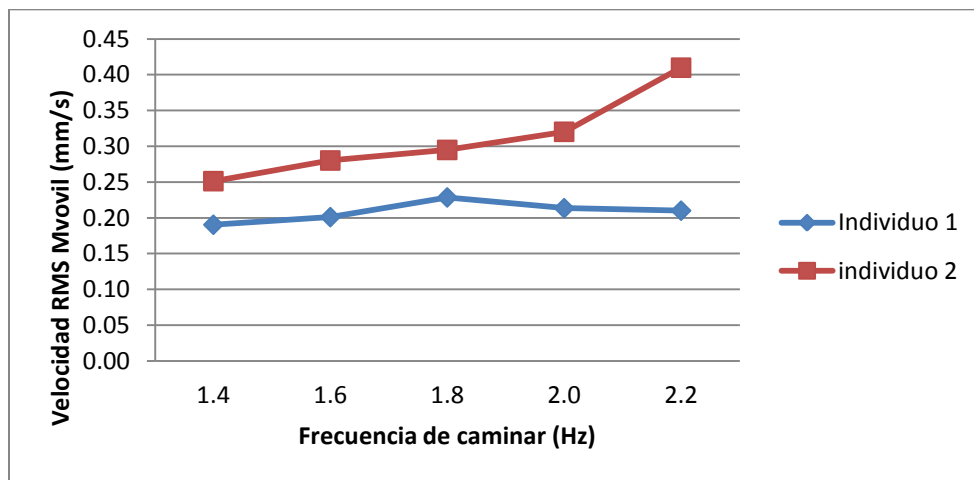


Figura F11. Velocidad RMS móvil casa 11.

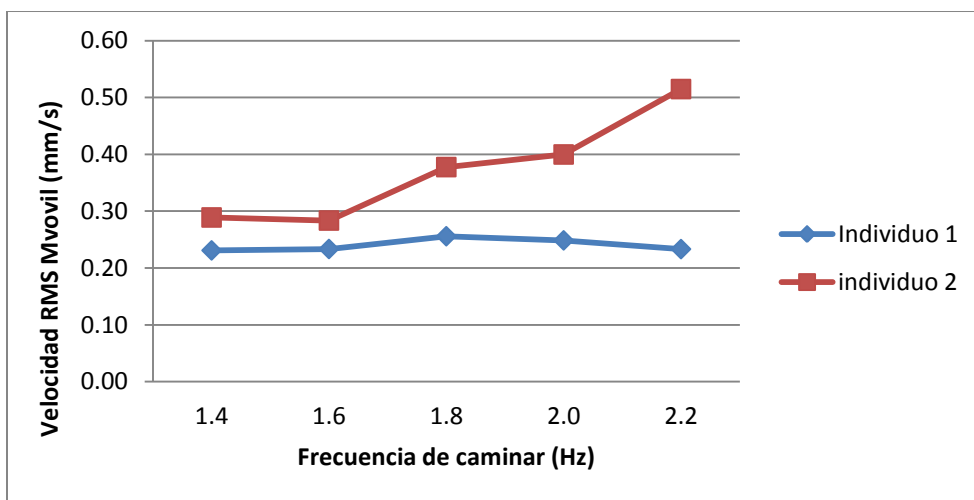


Figura F12. Velocidad RMS móvil casa 12.

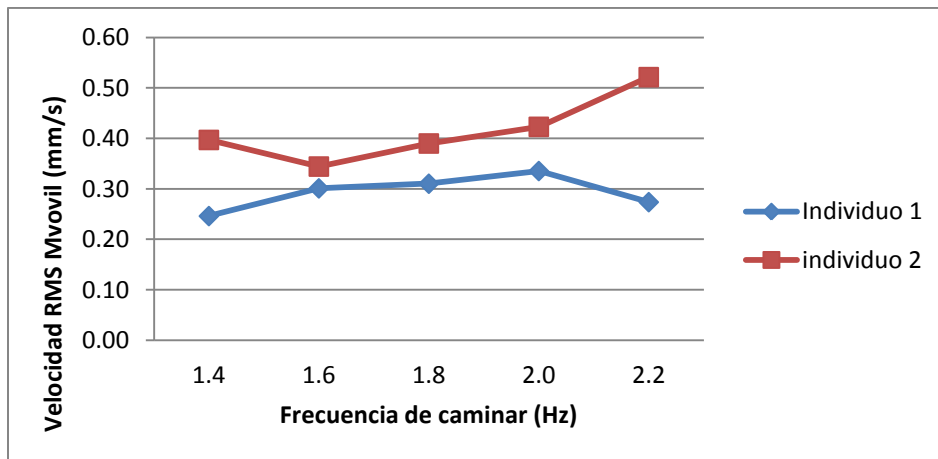


Figura F13. Velocidad RMS móvil casa 13.

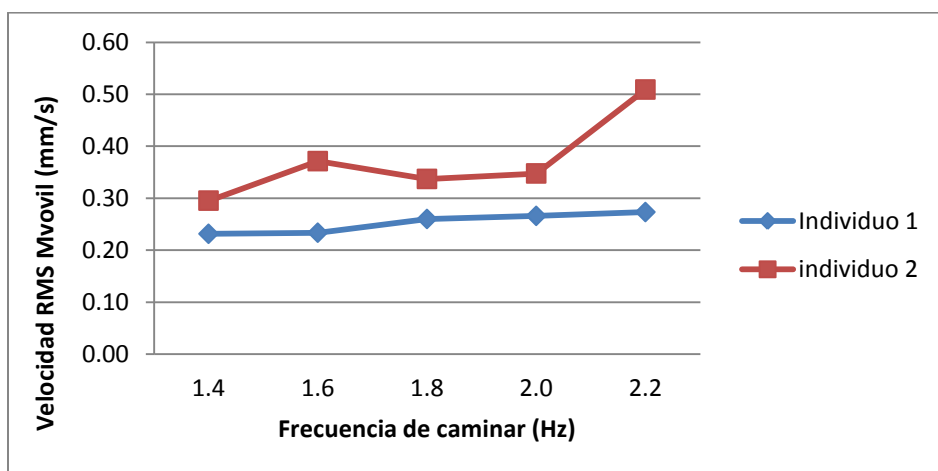


Figura F14. Velocidad RMS móvil casa 14.

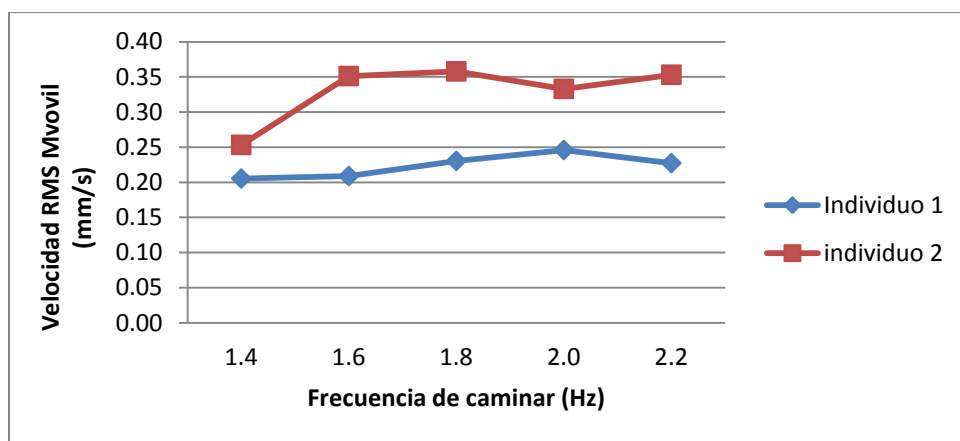


Figura F15. Velocidad RMS móvil casa 15.

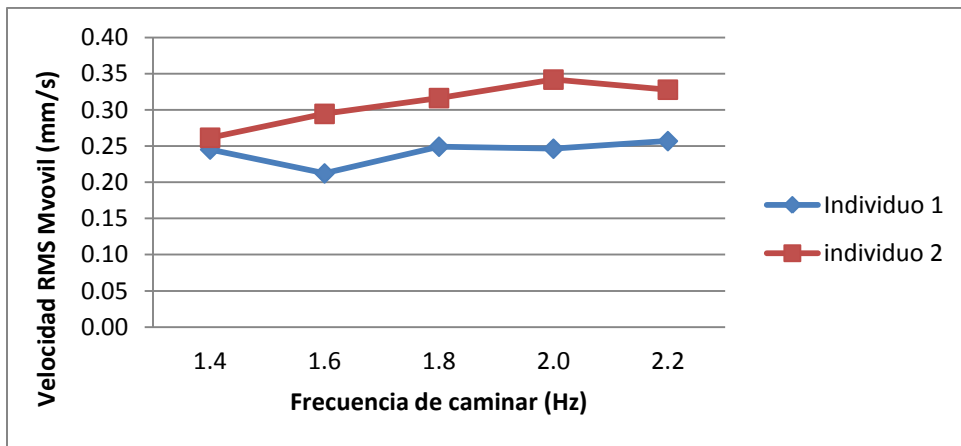


Figura F16. Velocidad RMS móvil casa 16.

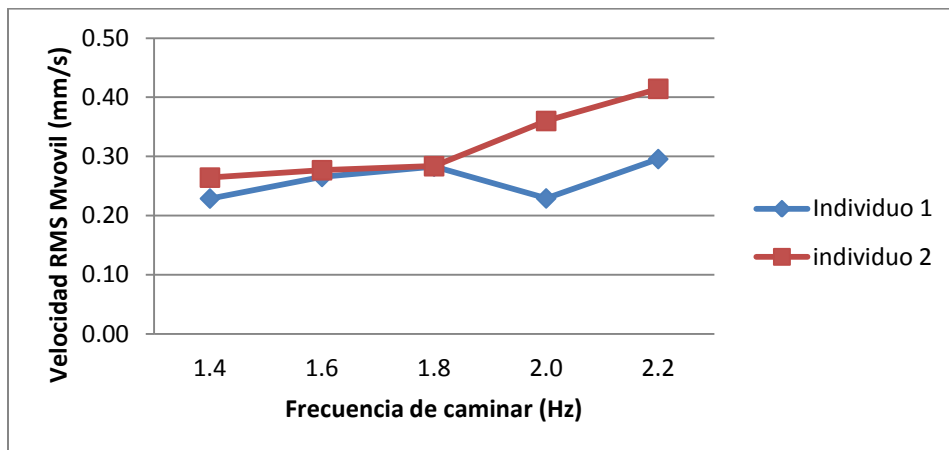


Figura F17. Velocidad RMS móvil casa 17.

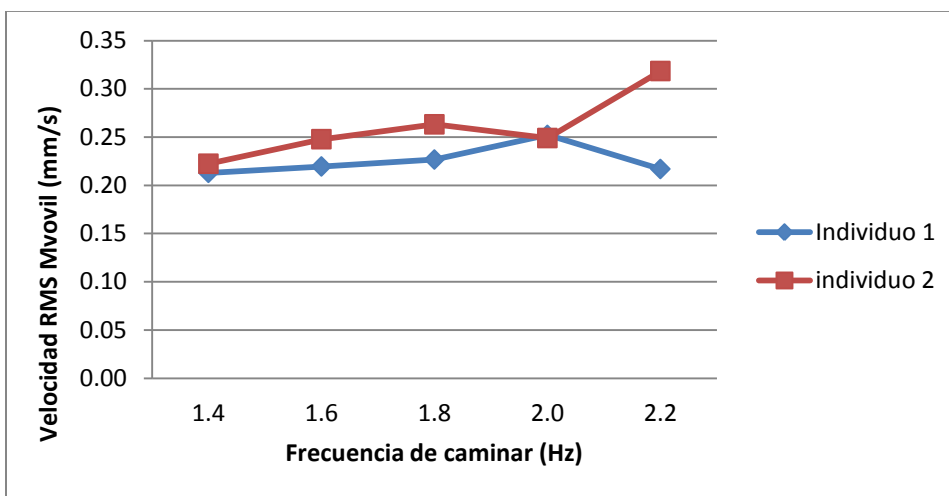


Figura F18. Velocidad RMS móvil casa 18.



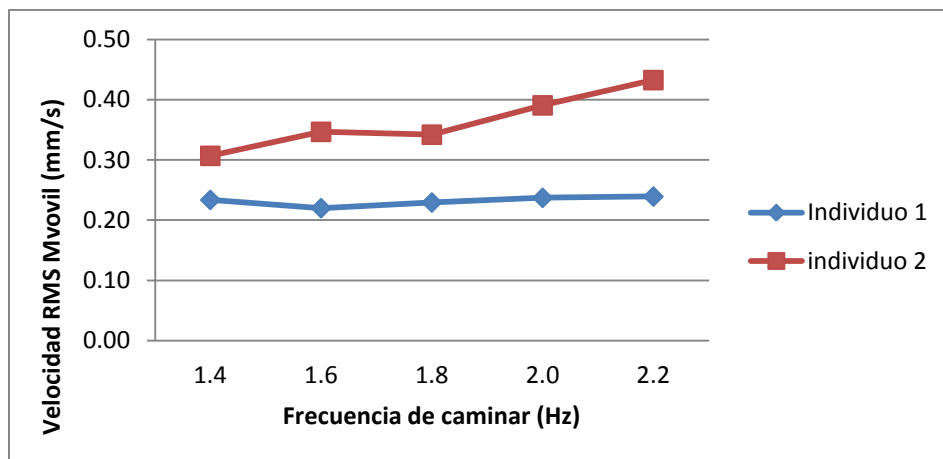


Figura F19. Velocidad RMS móvil casa 19.

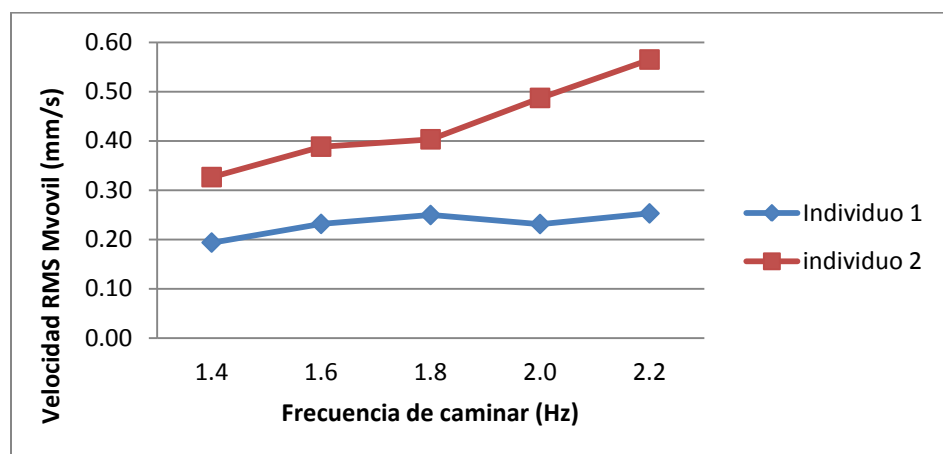


Figura F20. Velocidad RMS móvil casa 20.

**ANEXO G: Gráficos de Comparación por intento, por cada frecuencia.**

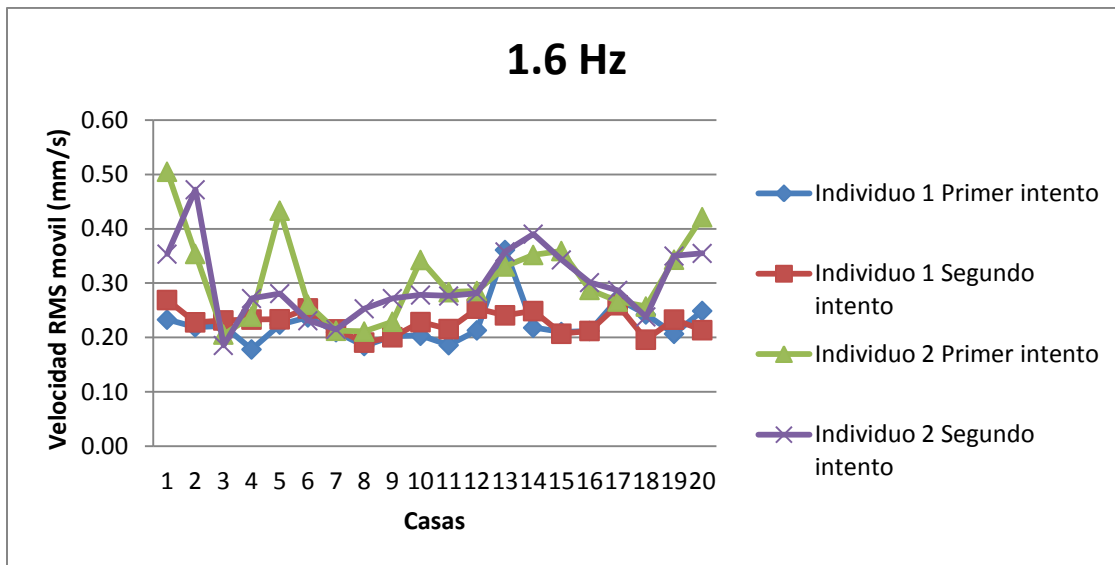


Figura G1. Caminatas a 1.6 Hz.

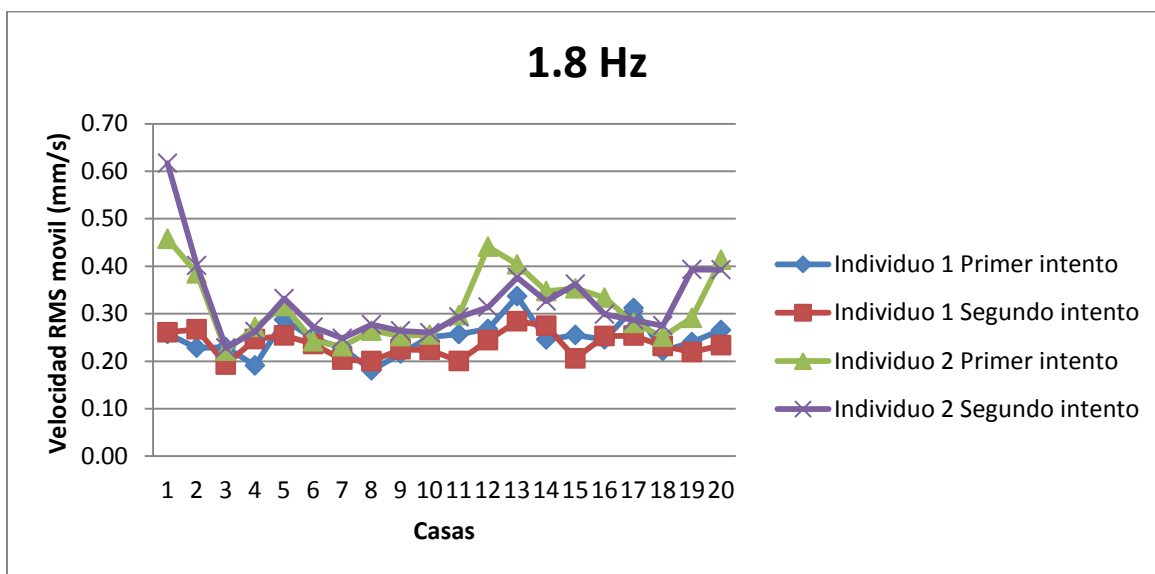


Figura G2. Caminatas a 1.8 Hz.

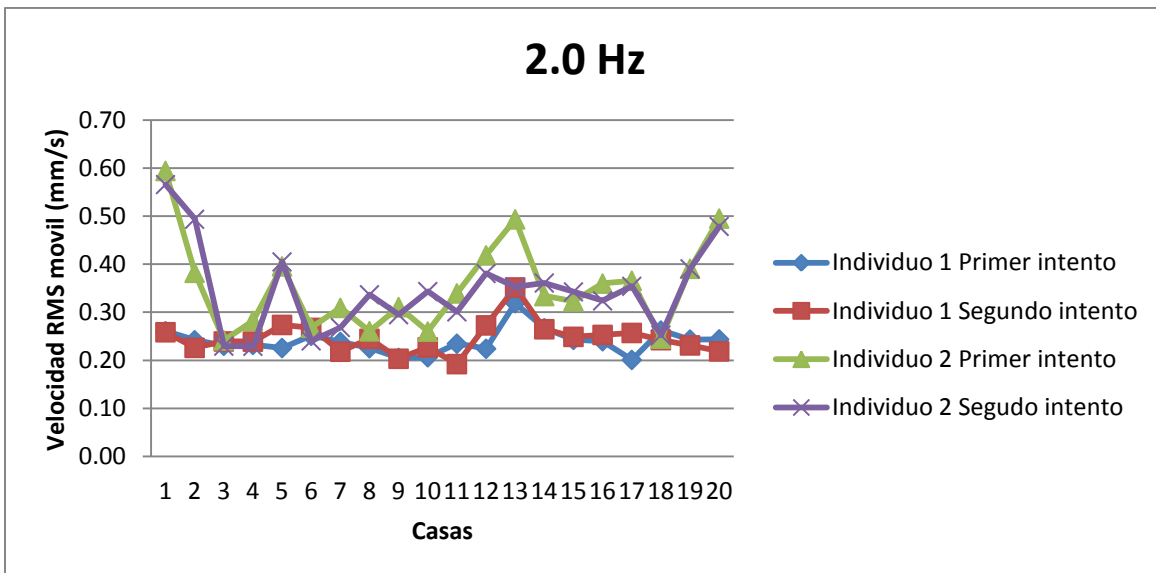


Figura G3. Caminatas a 2.0 Hz.

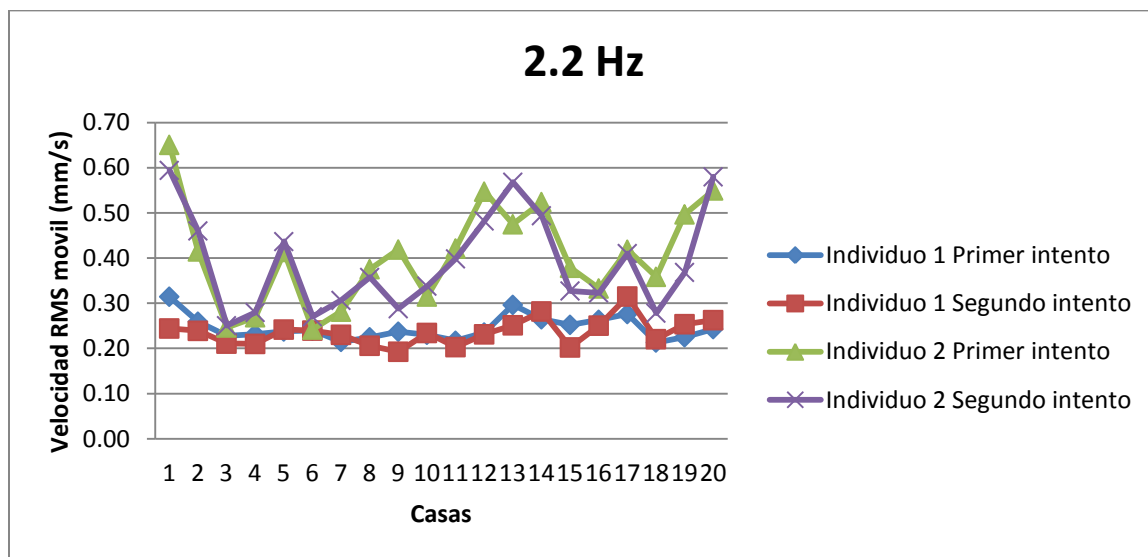


Figura G4. Caminatas a 2.2 Hz.