

Expediente Rol F-054-2014

S-AAS103-0517-0047 – Mayo 2 del 2017

Solicita Aclaración.



**SEÑOR**

**SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE**

Claudio Nilo Orellana, en representación de **Anglo American Sur S.A.** (en adelante "AAS"), en autos sobre proceso administrativo sancionatorio expediente Rol F-054-2014, al Señor Superintendente del Medio Ambiente respetuosamente digo:

Encontrándome dentro de plazo, mediante la presente solicita aclaración a lo ordenado en el Resuelvo Primero, Tercero y Cuarto de la Resolución Exenta N°271, de fecha 6 de abril de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente, toda vez que las subescenas de radar interferométricas del depósito de estériles Donoso y de la Laguna 6 junto a la vega aledaña enviadas a ésta Superintendencia a la fecha, contienen exactamente las mismas diferencias geométricas que las imágenes originales capturadas por el satélite y no existen diferencias o discrepancias radiométricas y geométricas significativas en los archivos de imágenes entregados al SMA con los originales, de acuerdo a lo establecido en el informe técnico del proveedor el cual se acompaña.

**POR TANTO,**

al Señor Superintendente del Medio Ambiente respetuosamente pido: aclarar lo ordenado mediante el Resuelvo Primero, Tercero y Cuarto de la Resolución Exenta N°271, de fecha 6 de abril de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente en cuanto al objeto y alcance espacial de la misma y por acompañado el documento individualizado en el cuerpo de este escrito.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'C' followed by a series of loops and a vertical stroke.

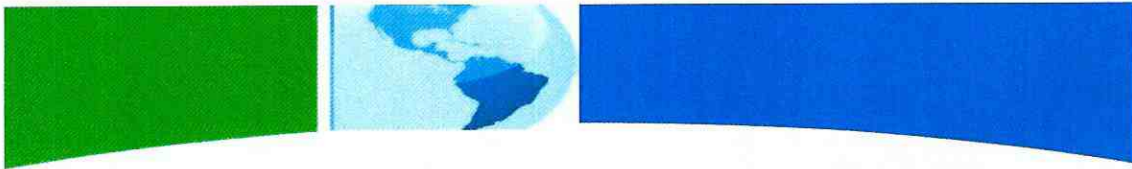




INFORME TÉCNICO DE IMÁGENES DE TERRASAR X, SECTOR  
DONOSO PARA LA GERENCIA DE MEDIO AMBIENTE DE LA  
OPERACIÓN LOS BRONCES, ANGLOAMERICAN

IMAGINE-IT





## INFORME TECNICO

### **“CALIDAD GEOMÉTRICA Y RADIOMETRICA DE LAS SUBESCENAS DE IMÁGENES TERRASAR-X ENTREGADAS AL SMA”**

#### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Discrepancias radiométricas y geométricas en los archivos de imágenes entregados al SMA.

#### **II. OBJETIVOS**

Detectar las posibles discrepancias radiométricas y geométricas de los archivos de imágenes entregadas al SMA.

#### **III. METODOLOGIA**

El presente informe propone una revisión de los datos, tanto numéricos como gráficos de los archivos de imágenes originales y los archivos de subescenas entregados al SMA.



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.


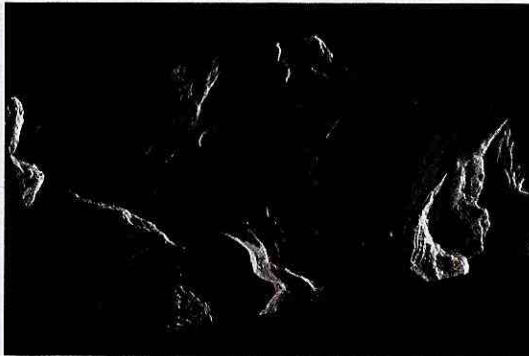




## 1. Materiales y equipos

### a) Imágenes

Las imágenes adquiridas por la Gerencia de Medio Ambiente de la Operación Los Bronces Angloamerican, son imágenes del tipo SAR del satélite alemán TerraSAR-X con un nivel de procesamiento de tipo SSC, donde los datos se representan como números complejos que contienen información de amplitud y fase.

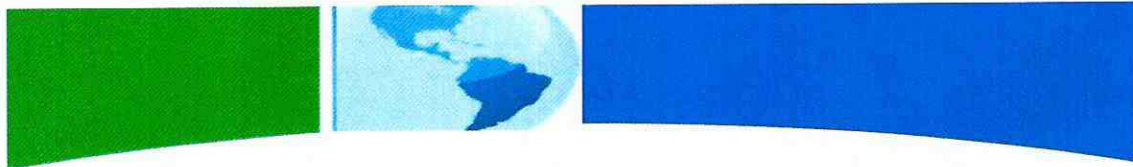
<i>Imagen Terrasar-X Modo Stripmap SSC de Angloamerica (Imagen de amplitud)</i>	<i>Subescena del sector de Donoso para SMA (imagen de amplitud)</i>
	Fecha imagen: Octubre 2015 

**Figura N° 1. Imagen original de amplitud TerraSAR-X cruda SSC y subescena del sector Donoso entregada al SMA de Octubre 2015.**

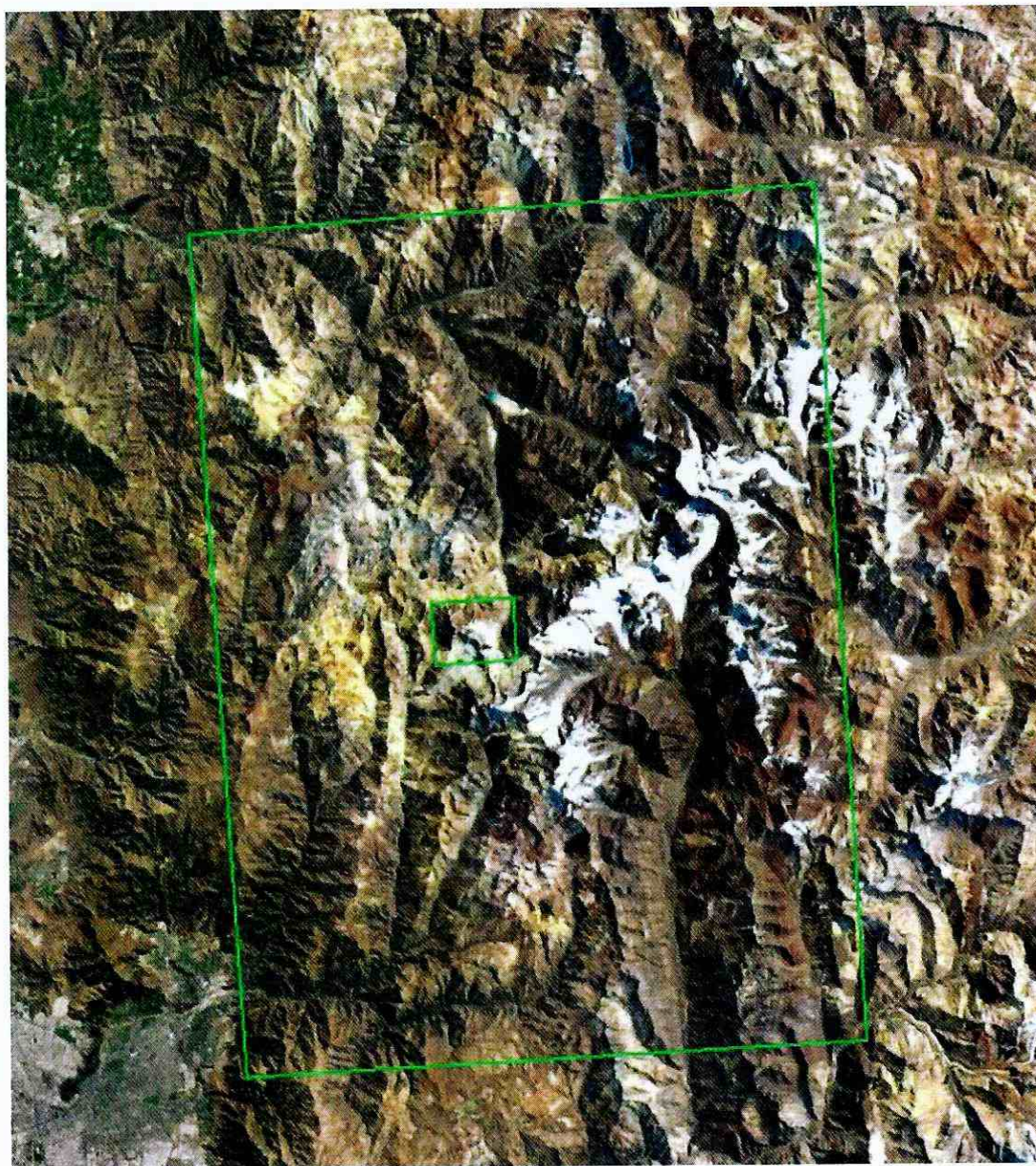


[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.





El área mínima de adquisición de una imagen del sensor TerraSar X es de 500Km x 500km y el área de estudio del Botadero Donoso tiene una extensión de 27km<sup>2</sup>

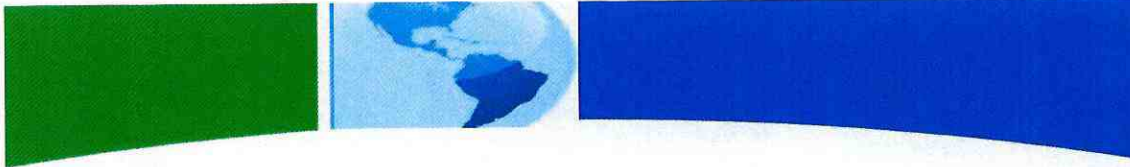


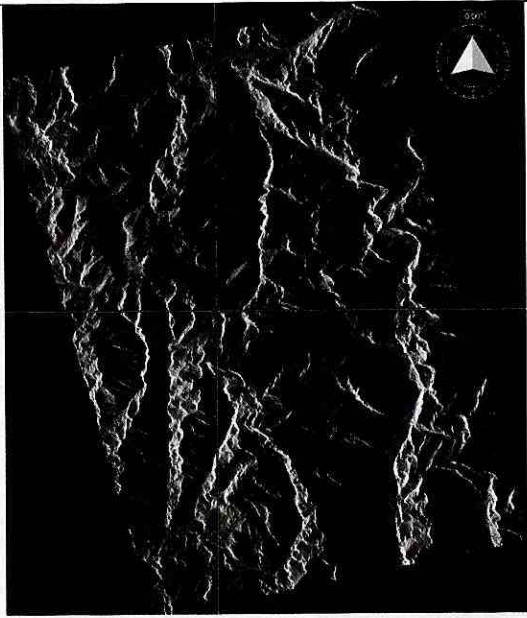

*Figura N° 2 Polígono original de TerraSAR-X y polígono del sector Donoso*



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.





<i>Imagen TerraSar-X Modo Srtipmap SSC de Angloamerican (Imagen de amplitud)</i>	<i>Subescena del sector de Donoso para SMA (imagen de amplitud)</i>
	Fecha imagen: Diciembre 2015 

**Figura N° 3. Imagen original TerraSAR-X cruda SSC y subescena del sector Donoso entregada al SMA de Diciembre 2015.**

A continuación se describen algunos datos estadísticos básicos de las imágenes incluidas en este informe de las imágenes adquiridas por Angloamerican sobre las que será revisada la integridad radiométrica y geométrica de las imágenes (Subescenas).



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.



<b>Nombre Subescena:</b> TDX1_SAR_SSC_____SM_S_SRA_20151014T231535_20151014T231543_subset		
<b>Nombre imagen original:</b> TDX1_SAR_SSC_____SM_S_SRA_20151014T231535_20151014T231543		
<b>Fecha:</b> 14 de Octubre 2015		
<b>Valores estadísticos de la imagen de amplitud</b>	<b>Imagen original TerraSAR-X</b>	<b>Subescena entregada a SMA</b>
Filas	29666	1792
Columnas	21436	3402
Min	1	1
Max	33671	17064
Media	126.235	132.664
Moda	21	55
Mediana	83	89
Desv. estandar	177.551	179.163
Ángulo Incidencia	3.5585498405754805e+001	

**Tabla N° 1. Comparación de los datos estadísticos básicos de la imagen TerraSAR-X original y la subescena del SMA de octubre 2015.**

El sistema geométrico de geoposicionamiento y de coordenadas corresponde al siguiente:

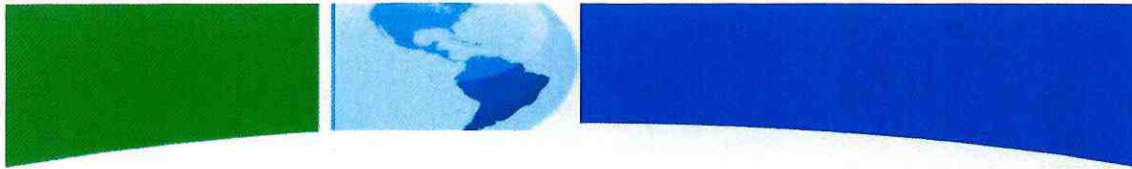
<b>Sistema de proyección y coordenadas de la imagen del 14 de Octubre 2015</b>	
Imagen original	Geográfica, WGS84
Subescena	Geográfica, WGS84

**Tabla N° 2. Datos cartográficos de las imágenes de fecha 14 de Octubre 2015**



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
 Fono: (56 2) 2662 45 65  
 Avda. Andrés Bello #1245,  
 oficina 806, Providencia.





<b>Nombre Subescena:</b> TDX1_SAR_SSC_____SM_S_SRA_20151219T231534_20151219T231542_subset		
<b>Nombre imagen original:</b> TDX1_SAR_SSC_____SM_S_SRA_20151219T231534_20151219T231542		
<b>Fecha: 19 de Diciembre 2015</b>		
<b>Valores estadísticos de la imagen de amplitud</b>	<b>Imagen original TerraSAR-X</b>	<b>Subescena entregada a SMA</b>
Filas	29666	1792
Columnas	21436	3402
Min	0	0
Max	41089	11424
Media	116.969	110.912
Moda	38	38
Mediana	79	72
Desv. estandar	143.098	143.056
Ángulo de incidencia	3.5579947905709119e+001	

**Tabla N° 3. Comparación de los datos estadísticos básicos de la imagen TerraSAR-X original y la subescena del SMA de diciembre 2015.**

El sistema geométrico de geoposicionamiento y de coordenadas corresponde al siguiente:

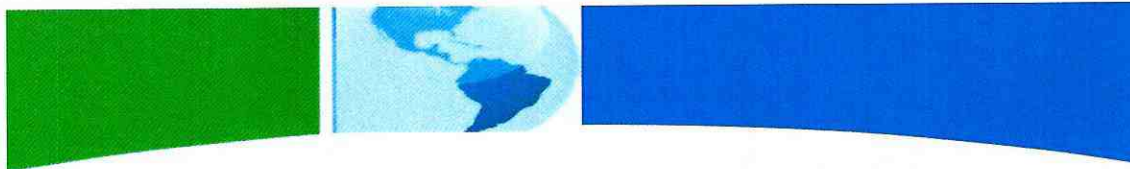
<b>Sistema de proyección y coordenadas de la imagen del 19 de Diciembre 2015</b>	
Imagen original	Geográfica, WGS84
Subescena	Geográfica, WGS84

**Tabla N° 4. Datos cartográficos de las imágenes de fecha 19 de Diciembre 2015**



www.imagine-it.cl  
 ventas@imagine-it.cl  
 Fono: (56 2) 2662 45 65  
 Avda. Andrés Bello #1245,  
 oficina 806, Providencia.





## b) Softwares

- i. ERDAS IMAGINE Versión 2014, 2015, 2016. Módulo de Radar: Software comercial de procesamiento de imágenes, modelamiento espacial y SIG.
- ii. SNAP Desktop Versión 4.0: Software científico de explotación de imágenes de radar desarrollado por la Agencia Europea del Espacio ESA.

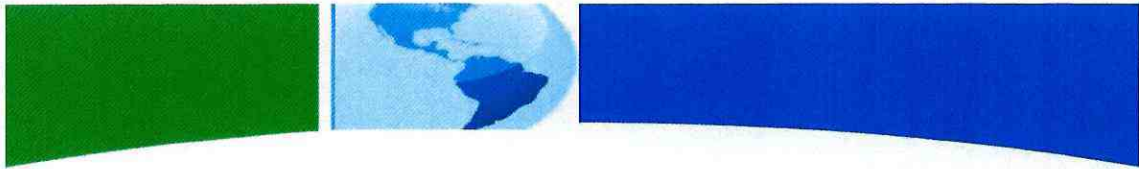
## 2. Comprobación de la radiometría de las imágenes



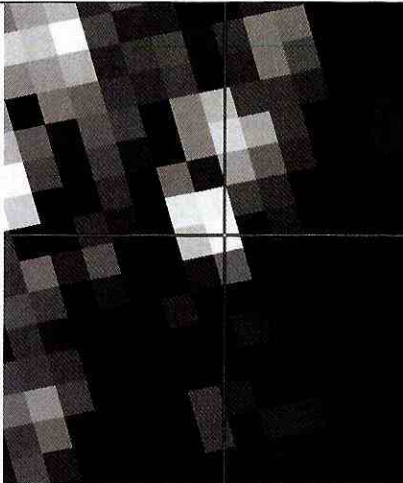
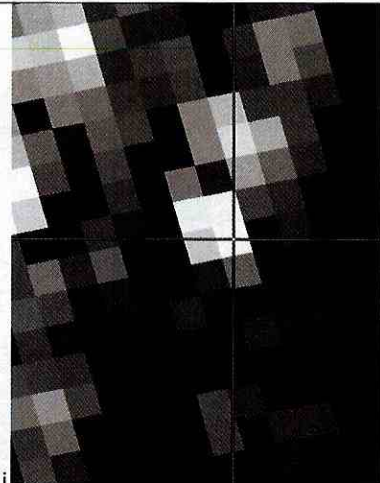
Para la evaluación radiométrica se tomaron como base las imágenes de amplitud contenidas tanto en los archivos originales de las imágenes como en los archivos de subescenas entregados al SMA.

La prueba consistió en tomar valores puntuales y lineales de los pixeles. Para el primer caso, se tomo el valor de un pixel (Nivel Digital ND) al azar para el registro del presente informe, para la comprobación total fueron tomados más de 50 valores de ND de manera aleatoria como se muestra en la figura N° 2.



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.



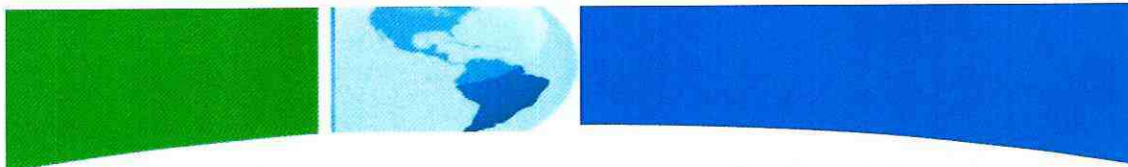
<i>Detalle de la imagen Subset y lectura del valor del ND</i>	<i>Detalle de la imagen original TerraSAR-X y lectura del valor del ND</i>
	
	
<b>Valor del pixel medido: 810</b>	<b>Valor del pixel medido:: 810</b>

**Figura N° 3. Medición de valores puntuales de los ND de las imágenes originales TerraSAR-X y las subescenas SMA.**



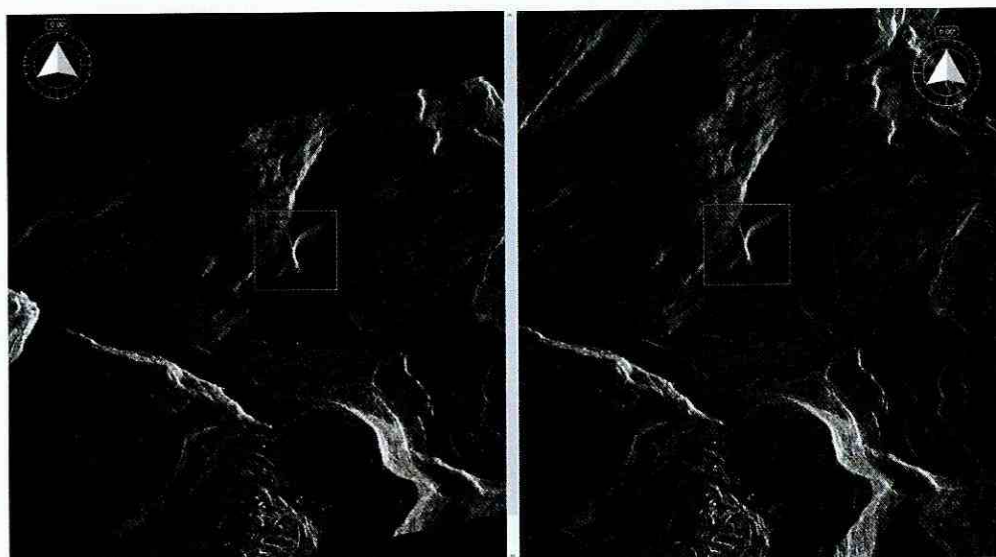
[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.





Los valores de los pixeles (ND) son totalmente coincidentes entre las imágenes originales SSC de TerraSAR-X y las subescenas del SMA. No se detectan diferencias radiométricas en las imágenes de amplitud.

Para el segundo caso, se tomo el valor de una línea o perfil para la medición de varios valores de pixel (Nivel Digital ND) al mismo tiempo. La línea fue trazada al azar y midió aproximadamente 320 m de longitud según se muestra en la figura N° 4.

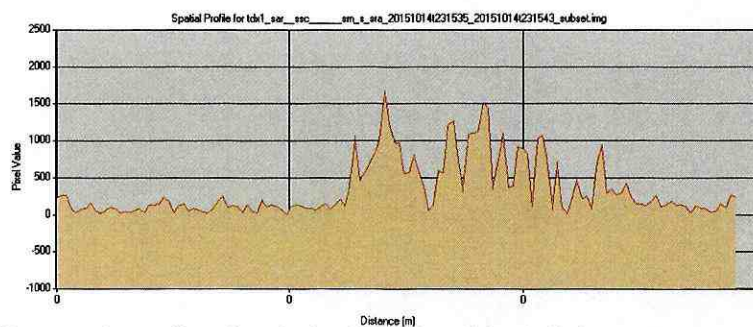
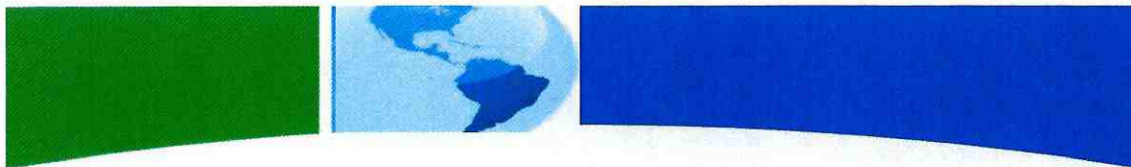


**Figura N° 4 Medición de valores lineales de los ND de las imágenes originales TerraSAR-X y las subescenas SMA.**

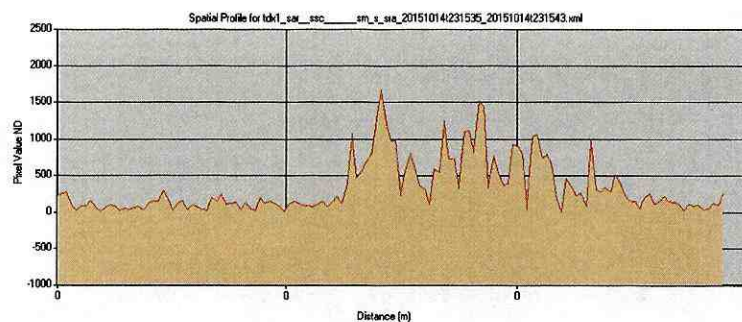
Las figuras N° 5 y 6 corresponden a los perfiles obtenidos. En el eje de las ordenadas se muestran los valores de pixeles (ND) que intersecta la línea recta o perfil sobre las imágenes. El eje de las abscisas corresponde a la distancia aproximada de 320 m. correspondiendo aproximadamente 167 pixeles.



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.



**Figura N° 5 Perfil con valores lineales de los ND obtenido de la imagen subescenas SMA**



**Figura N° 6 Perfil con valores lineales de los ND obtenido de la imagen original de TerraSAR-X**

Los valores de los pixeles (ND) sobre los perfiles no muestran diferencias significativas entre las imágenes originales SSC de TerraSAR-X y las subescenas del SMA.

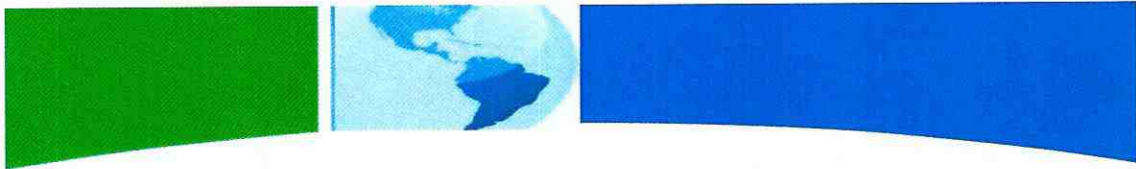
Al igual que la prueba de medición puntual de los ND de los pixeles en la medición del perfil, no se encuentran diferencias significativas para concluir que las imágenes de subescenas entregadas al SMA poseen diferencias radiométricas con respecto a las originales.



**imagine-iT**

[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.

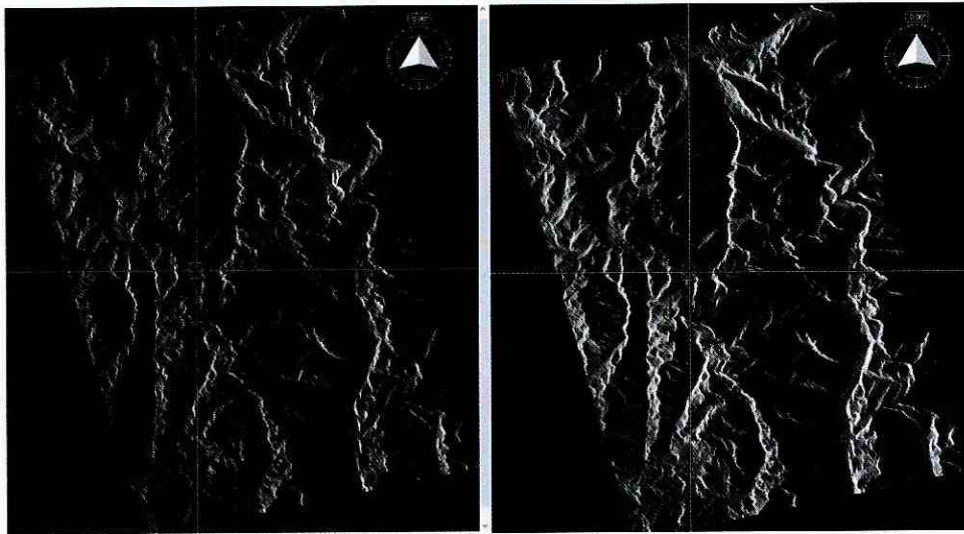




### 3. Comprobación de la geometría de las imágenes

Para la evaluación geométrica de las imágenes se tomaron como base las imágenes de amplitud contenidas en los archivos originales de las imágenes TerraSAR-X y se compararon 2 fechas que corresponden a la imagen del 14 de Octubre 2015 y la imagen del 19 de Diciembre 2015. Además, fueron comparados los archivos de imágenes que corresponden a las subescenas entregadas al SMA.

La prueba consistió en comparar visualmente y medir una coordenada al azar para observar su ubicación en ambas imágenes TerraSAR-X de las fechas propuestas en este informe, según se muestra en la figura N° 7 y 8.

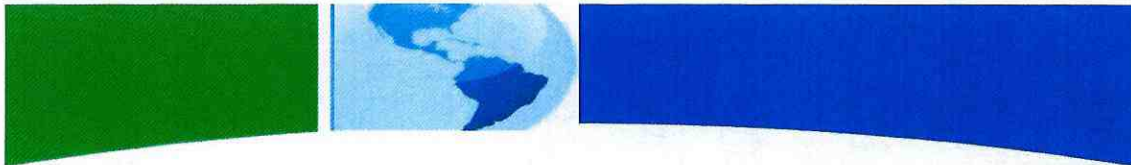


**Figura N°7. Imagen Izq. corresponde a imagen de Octubre 2015 e imagen de la Der. corresponde a Diciembre 2015.**

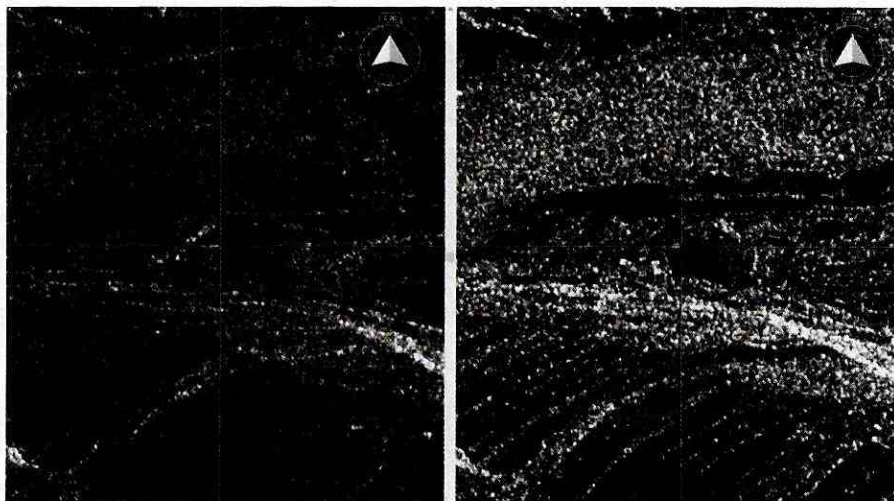
La figura N° 7 muestra las imágenes originales capturadas por el satélite TerraSAR-X. Aparentemente son iguales pero las imágenes posee valores radiométricos y geométricos completamente distintos, producto que las condiciones del terreno son diferentes entre las fechas de captura y las diferencias en los ángulos de captura de las órbitas no son iguales.



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.

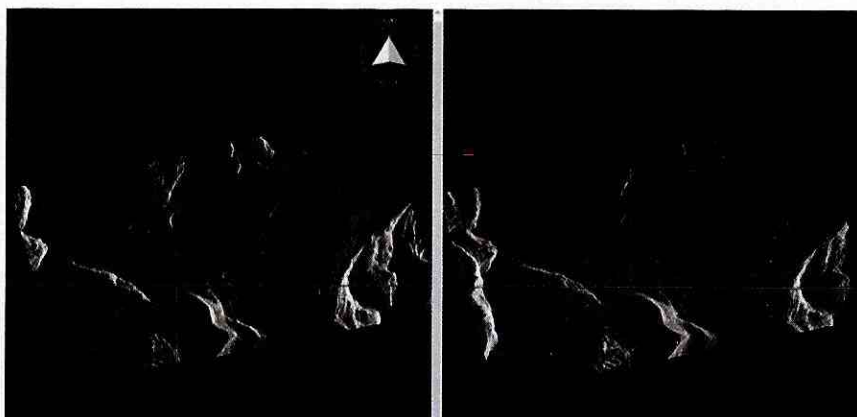


En la práctica, lo anterior resulta que los objetos visualizados sobre las imágenes son diferentes lo que hace complejo la medición e interpretación de las imágenes si es que no se realizan los procesamientos y ajustes correspondientes.



**Figura N°8. Detalle con desplazamiento producto de la diferencia de órbita y características orbitales y su ángulo de incidencia. La imagen Izq. corresponde a imagen de Octubre 2015 y detalle de imagen de la Derecha corresponde a Diciembre 2015.**

Existe un desplazamiento natural entre las imágenes comparadas que es del orden de 22 m. Esa diferencia es consecuencia de la diferencia de ángulos y las órbitas con diferentes fechas de captura de las escenas en las 2 fechas de octubre y diciembre de 2015.

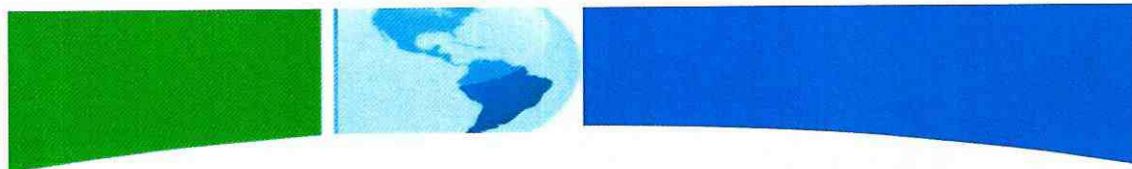


**Figura N°9. Imagen Izq. corresponde a subescena de Octubre 2015. La de Der. corresponde a Diciembre 2015. Ambas en poder del SMA.**

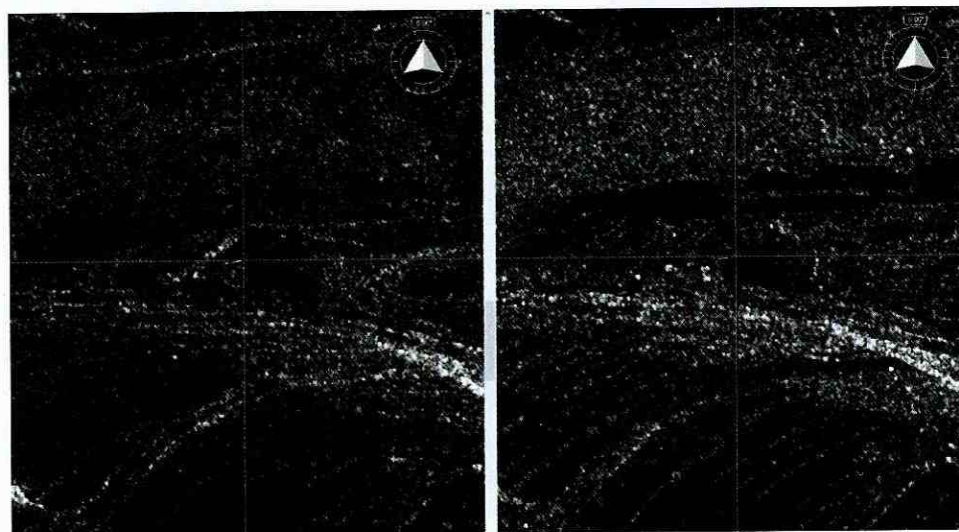


[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.





Se realizó la misma comparación entre las subescenas entregadas al SMA y si se observa la figura N° 9 y 10, las diferencias son las mismas. Lo que indica que la geometría de los cortes y la ubicación de las subescenas entregadas al SMA son equivalentes a las imágenes originales capturadas por el satélite TerraSAR-X.



**Figura N°8. Detalle con desplazamiento que mantiene el mismo desplazamiento de las imágenes originales de TerraSAR-X.**

Las diferencias encontradas en el desplazamiento de los objetos sobre las imágenes de subescenas entregadas al SMA corresponden a las mismas que se encuentran en las imágenes originales capturadas por el satélite.

En el aspecto geométrico y de geoposición de las subescenas, no se encuentran diferencias significativas en las coordenadas, por lo que no se puede asegurar que las subescenas entregadas al SMA poseen discrepancias geométricas con respecto a las imágenes satelitales originales.



[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.



#### **IV. CONCLUSIONES**

Los valores de los píxeles (ND) son totalmente coincidentes entre las imágenes originales capturadas por el satélite TerraSAR-X y las subescenas procesadas y entregadas al SMA

Existe un desplazamiento geométrico normal entre las imágenes originales capturadas por TerraSAR-X comparadas en este informe. Sin embargo, esa diferencia es consecuencia de la diferencia de ángulos y las órbitas de cada captura.

Las subescenas entregadas al SMA contienen exactamente las mismas diferencias geométricas que las imágenes originales capturadas por el satélite.

No se detectaron diferencias o discrepancias radiométricas y geométricas significativas en los archivos de imágenes entregados al SMA.

#### **V. RECOMENDACIONES**

Para proyectar y transformar las imágenes desde el Slant Range (SSC original) al Ground Range (producto ortorectificado) al mapa, se recomienda utilizar software ERDAS IMAGINE versión 2014 o software similar.

Para corregir las diferencias orbitales de las adquisiciones de las imágenes, utilizar a lo menos 4 puntos de control sobre la zona de estudio. Se recomienda utilizar los mismos puntos en todas las imágenes que se rectifiquen, para asegurar coincidencia entre ellas y con la base cartográfica utilizada.

Documento preparado por:

***Patricio Lamperein Polo: Asesor Tecnológico***

***Pamela Silva Soto: Representante Legal de Imagine-IT***



**imagine-iT**

[www.imagine-it.cl](http://www.imagine-it.cl)  
[ventas@imagine-it.cl](mailto:ventas@imagine-it.cl)  
Fono: (56 2) 2662 45 65  
Avda. Andrés Bello #1245,  
oficina 806, Providencia.