CUBRIMIENTO DE DETECCION DEL RADAR MALVINAS

PARTE 1

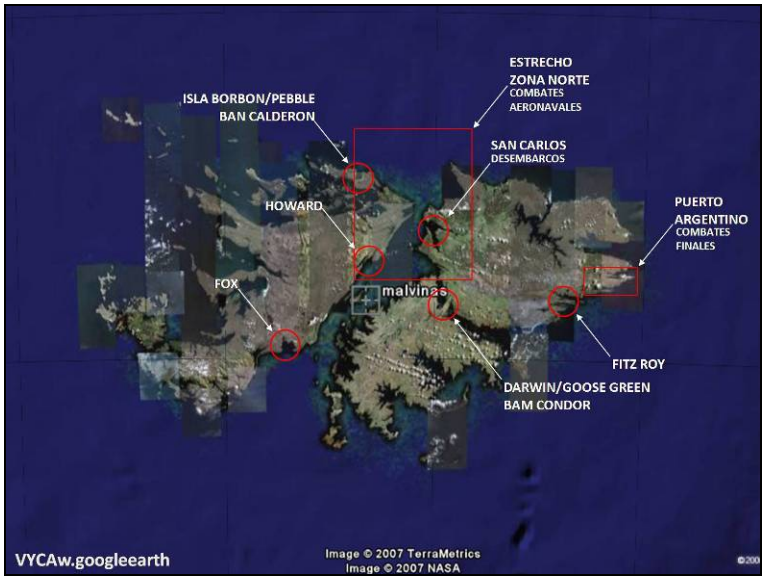
www.radarmalvinas.com.ar/ miguel angel silva

REFERENCIA GEOGRAFICA

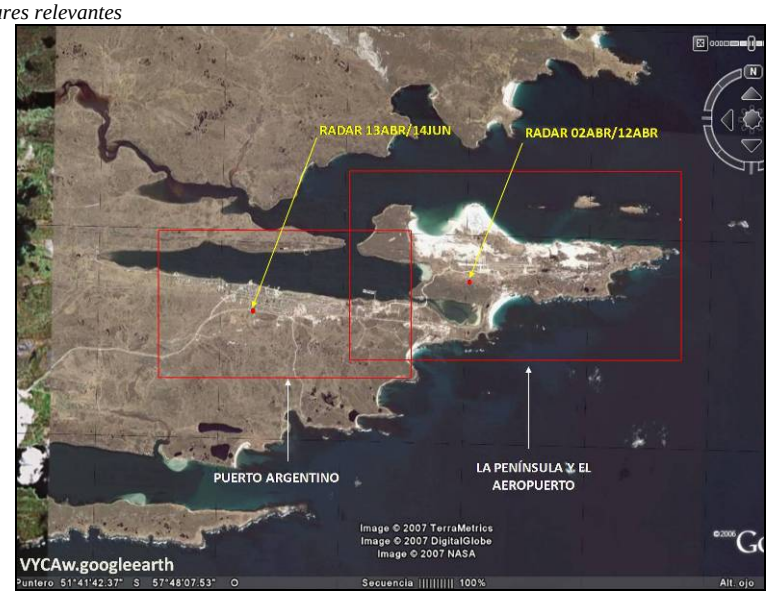
A efectos de ubicarnos dimensionalmente en Malvinas, lo que es importante para poder interpretar adecuadamente las distancias involucradas en las distintas operaciones en relación con el cubrimiento de detección del radar TPS-43, hemos colocado dos imágenes obtenidas de Google Earth.

En la primera *i225-lugares relevantes*, que muestra a las Islas completas, hemos dibujado todos aquellos lugares que tuvieron alguna relevancia, y que permiten situarlo al lector.

En la segunda, *i226-radar en puerto argentino*, que es la ampliación de la parte correspondiente a Puerto Argentino y la península del aeropuerto, hemos graficado las dos posiciones en donde fue emplazado el radar. Primero dentro del aeropuerto, en una elevación del terreno a unos 800 metros al suroeste del edificio del aeropuerto, en donde permaneció entre el 02ABR y el 12ABR, y luego en las afueras del pueblo, adonde fue trasladado el 13ABR y donde permaneció durante todo el conflicto, hasta la rendición el 14JUN82.



i225-lugares relevantes



i226-radar en puerto argentino

Las imágenes de Googleearth son de 2007, por lo que tanto el aeropuerto como el pueblo no presentan las mismas características que en 1982, pero permiten la ubicación dimensional del lector.

Quien esté interesado en conocer más sobre el lugar de emplazamiento del radar, puede recurrir a la descripción que se hace en el escrito *Ubicación del Radar*, que se encuentra disponible en formato PDF en el sitio www.radarmalvinas.com.ar bajo el título *el radar* del menú.

LAS NECESIDADES A SATISFACER

Desde el punto de vista *cubrimiento de detección*, para que el TPS-43 cumpliera con su misión, debía satisfacer cuatro necesidades o tareas en la zona de operaciones:

- La detección de las incursiones aéreas enemigas para alertar a la defensa aérea.
- El guiado de la caza interceptora propia.
- El guiado intermedio de los aviones de ataque propios.
- El control de todo el movimiento aéreo propio.

La Detección de las Incursiones Aéreas Enemigas

Para satisfacer esta necesidad, el radar debía procurar obtener la óptima detección de las aeronaves enemigas:

- Lo más lejos posible.
- Lo más bajo posible.
- Procurando que no quedasen huecos entre la parte inferior de su lóbulo y la superficie de la tierra o el mar.
- Procurando que no hubiese elevaciones del terreno, por ejemplo los cerros, que obstruyeran o disminuyeran su campo visual.
- Pero sobre todo, logrando una distancia de detección, que se traduce en tiempo de reacción, suficiente como para que actuasen las armas contra aire.

Por la información que poseían, los radaristas estimaban que las posibles aeronaves enemigas a detectar serían las que Gran Bretaña tenía basadas en sus buques, con los Harrier predominantemente en versión caza interceptora, ya que su función primaria era la defensa de la flota.

También emplearía a los mismos aviones, adecuadamente configurados, para realizar ataques al suelo, ya que no dispondría de otro tipo de avión, porque salvo el Harrier, los otros necesitarían pistas terrestres, que no había próximo a Malvinas.

Los buques traerían también abundante cantidad y variedad de helicópteros, a los que desde el punto de vista detección se los podía considerar como similares.

Los radaristas nunca pensaron en un Vulcan o avión similar, ya que todos los aeródromos terrestres que podía usar Gran Bretaña, sea Ascensión o Sudáfrica, hasta Australia o Nueva Zelandia, quedaban completamente fuera de todo alcance apreciado. Y descartaron de plano el posible empleo de un aeródromo desde Sudamérica. Si, especulaban con el préstamo por parte de Estados Unidos de algún bombardero de largo alcance u otro tipo de avión embarcado.

El otro aspecto a considerar para determinar el lugar de emplazamiento del radar en cuanto a la defensa aérea, era la ubicación de los objetivos materiales y blancos a defender; en particular Puerto Argentino.

Basados en que las únicas aeronaves enemigas serían las embarcadas, los radaristas estimaron que, de llegar al conflicto armado, los portaaeronaves se emplazarían lo más al Este posible, a una distancia compatible con la autonomía y alcance del Harrier para operar sobre Malvinas en ataque al suelo; y lo más lejos posible del accionar de los aviones argentinos, sean los de las Islas, sean los del continente.

Por lo tanto el mayor y óptimo cubrimiento del radar debía ser hacia el Este, y en las proximidades de Puerto Argentino debido a la ubicación de los principales blancos a defender.

El Guiado de la Caza Interceptora Propia

Esta necesidad contemplaba dos situaciones: la caza interceptora para defender Malvinas de los ataques aéreos; y la caza de acompañamiento o sombrilla, para proteger a los aviones argentinos que atacasen a los buques británicos.

Aquí cabe aclarar que, aunque por la Doctrina Conjunta establecida en la Resolución 1/69 los buques eran blancos de Armada, ya Fuerza Aérea estaba pensando, antes del 2 de Abril, que su participación sería requerida.

Por eso por ejemplo, apenas decidida la fecha de recuperación de las Irredentas Islas, una de las primeras cosas que hizo Fuerza Aérea fue contratar a los buques *Rio Cincel* y *Córdoba*, para trasladar a Malvinas todo lo que necesitaría para prolongar la pista de Puerto Argentino, previendo la eventualidad de utilizarla como *Base de Operaciones Adelantada* de sus aviones.

La tarea de prolongación de la pista sería similar a lo que ya había hecho ocho años antes, cuando construyó una pista de aluminio provisoria que utilizaron los aviones de LADE (Líneas Aéreas del Estado) mientras Gran Bretaña construía la definitiva de cemento en lo que sería el aeropuerto.

La diferencia sería que ahora contaría con muchísimo menos tiempo para hacerlo. Pero, lamentablemente, el Córdoba tuvo problemas, embistió el muelle de Puerto Deseado, y se acabó la prolongación de la pista.

El guiado de la caza interceptora propia también indicaba que el mejor cubrimiento debía ser hacia el Este.

El Guiado Intermedio de los Aviones de Ataque

En cuanto a los aviones de ataque propios, el radar debía realizar el guiado intermedio de los mismos, desde que entraban en su cubrimiento de detección, hasta que los entregaba a un OCAA (Oficial de Control Aéreo Adelantado) a fin de que éste realizara el guiado final del ataque a los blancos.

Estos blancos serían los buques británicos y sus intentos de desembarco, los que, según la apreciación tanto del Comandante del TOAS (Teatro de Operaciones del Atlántico Sur) como del Comandante de la Guarnición Militar Malvinas, se realizarían en las inmediaciones de Puerto Argentino.

Por lo tanto, en este caso también, el mejor cubrimiento debía ser hacia el Este, y en las proximidades de Puerto Argentino.

El Control de Todo el Movimiento Aéreo Propio

Esta necesidad requería que el radar tuviese capacidad para controlar a todas las aeronaves propias, sean las de las islas, sean las de enlace con el continente.

Para satisfacerla, el cubrimiento debería ser tanto hacia el Este como hacia el Oeste, y sobre las Islas.

Pero existían dos problemas. Uno era que esta necesidad se contraponía en parte con las otras tres, ya que para satisfacer aquellas, el radar debía detectar lo más lejos y lo más bajo posible hacia el Este. El otro eran los cerros de las islas, como después veremos.

Yendo un poco atrás en el tiempo y las necesidades, en un principio la Conducción Nacional había considerado que todo se resolvería vía las negociaciones en Naciones Unidas, y por lo tanto el radar sólo cumpliría funciones de control del tránsito aéreo según las normas OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional), lo que hacía que su cubrimiento de detección no fuese un factor crítico, dándole prioridad a otros, como el logístico.

Por eso la orden recibida el 29 de Marzo expresaba que el radar debía ser emplazado dentro del aeropuerto, desde donde cumpliría satisfactoriamente con su función de control del tránsito aéreo.

Dentro o Fuera de la BAM Malvinas

Pero lo apreciado para la impartición de la orden el 29 de Marzo pronto cambió. Ya el 3 de Abril, la noticia de que parte de los buques británicos habían zarpado desde Gibraltar permitía apreciar que la prioridad del lugar de emplazamiento del radar estaría dada por las primeras tres necesidades, aún cuando tuviese restricciones hacia el Oeste debido principalmente a los cerros.

La península donde se encontraba el aeropuerto, ya convertido en la BAM (Base Aérea Militar) Malvinas el mismo 2 de Abril, es uno de los puntos geográficos más orientales de las islas, y por lo tanto, dejar al radar dentro de la BAM satisfacía esas necesidades de cubrimiento, pero no garantizaba la supervivencia del TPS-43 en caso de terminar en una guerra.

A nivel político, los primeros días posteriores al 2 de Abril fueron de duda e indefinición, por lo que todo aquel personal de Fuerza Aérea que previese preparase para un enfrentamiento con Gran Bretaña, debía hacerlo dentro de la BAM Malvinas.

Dejar al radar dentro de la BAM reunía todas las ventajas desde los puntos de vista cubrimiento de detección hacia el Este, logística, y seguridad, ya que estas dos últimas estaba previsto que fueran brindadas por la BAM.

Pero todas quedaban postergadas cuando uno observaba los alrededores.

La imagen *i226-radar en puerto argentino* muestra que el mar, sea al sur, sea al norte, está demasiado próximo al radar, a escasos 1.000 metros o menos, lo que significaba que el TPS-43 iba a ser un blanco fácil para el cañoneo naval, dentro del alcance y fácil de localizar, ya que la elevación donde estaba era bastante plana y sin posibilidades de disimular la antena; lo mismo sucedería para el ataque aéreo; y además, formaría parte de un conjunto de blancos apetecibles, la pista y los aviones.

En la imagen *i227-tps en aeropuerto* sacada en los primeros días de abril, se puede apreciar cómo se destacan el radar y sus cabinas contra el horizonte. Aunque la fotografía ha sido sacada desde uno de nuestros aviones aterrizando, nos muestra que la imagen que se vería desde el mar, sea al sur (izquierda de la fotografía) sea al norte (derecha de la fotografía) sería parecida.

i227-tps en aeropuerto

Había también otro elemento a ponderar. Cuando se consideran tanques, aviones, u otros medios de combate, se fijan cantidades de pérdida que se consideran aceptables, por ejemplo el 50% de los tanques, o el 30% de los aviones, pero no sucede lo mismo con los radares, son escasos, por lo que resulta demasiado oneroso aceptar la posibilidad de pérdida, aunque sea sólo de uno.

Si se perdía el de Malvinas, había que reemplazarlo con uno de los instalados en el continente, lo que significaba un serio deterioro en el cubrimiento continental, y especular con la posibilidad de concretar rápidamente 2 vuelos de C-130 para trasladarlo.

Al no ser un elemento fácilmente reemplazable en caso de que sea destruido, una de las prioridades de los radaristas era encontrar la forma de que superviviera toda la guerra, no importara con que se lo tratase de destruir.

Por lo tanto, había que conservar lo referido al mejor cubrimiento hacia el Este, pero había que salir del aeropuerto, para buscar un lugar que le diese esa superviviencia durante toda la guerra.

Mientras esperaban a que la Conducción Nacional se convenciera de que íbamos hacia una guerra y autorizaran a sacar al radar del aeropuerto, los radaristas se dedicaron a probar y evaluar diferentes condiciones de cubrimiento, y a ir eligiendo el posible lugar de emplazamiento fuera de la BAM.

ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS

Los párrafos de este título están orientados hacia aquel lector que, interesado en el Conflicto de Malvinas, es neófito respecto al tema radares. El idóneo puede directamente saltearlo.

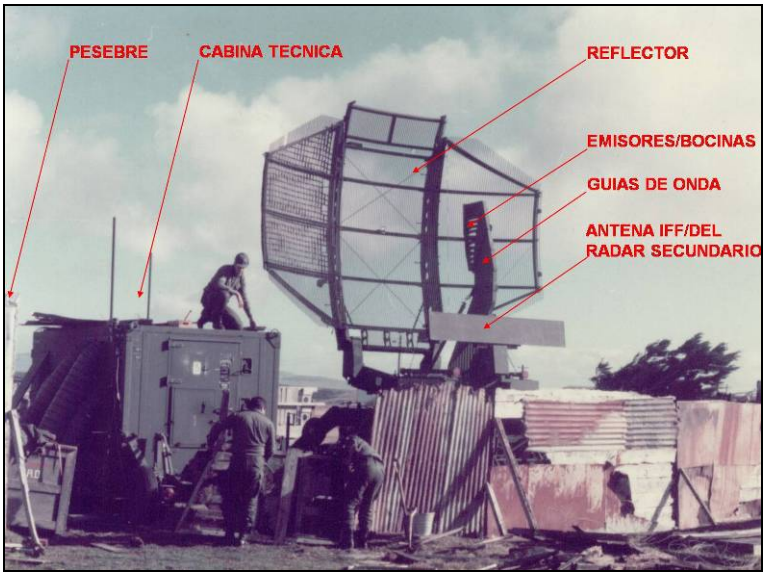
Radares Primarios y Secundarios, 3D o 2D, de Alerta Temprana, etc.

Para las descripciones, nos basaremos en la tecnología disponible en 1982.

Quien esté interesado en conocer más sobre los diferentes tipos de radares existentes, puede recurrir al Apéndice del libro *Al Enemigo Primero lo Descerebramos*, que se encuentra disponible en formato PDF en el sitio www.radarmalvinas.com.ar bajo el título *nuevo guerrear* del menú.

Lo primero que haremos es la descripción de un *radar*, al que se lo denomina *primario*.

Como referencia utilizaremos la fotografía *i228-antena radar* que es, justamente, la del radar TPS-43 que Fuerza Aérea desplegó en Malvinas, en las afueras de Puerto Argentino.



i228-antena radar

El TPS-43 es un radar: de *alerta temprana o vigilancia aérea*; *primario*; de *pulso*; *3D*; con un *radar secundario* integrado.

A los radares como el TPS-43 se los clasifica como *de alerta temprana o de vigilancia aérea*, porque están diseñados para detectar móviles aéreos lo más lejos posible, pensando en su utilización en Defensa Aérea, en particular para el control de la caza interceptora.

Para la década 80, a los radares se los agrupaba en: radares de pulso, y radares de onda continua o doppler.

Los *de pulso*, o *pulsados*, transmiten una energía muy alta durante unos pocos microsegundos, esto es el *pulso*. Ese pulso se propaga en el espacio, incide sobre algún objeto (avión en nuestro caso) que lo refleja, y retorna al radar como *eco*.

A los radares que se basan en el eco reflejado para funcionar, se los denomina *primarios*, para diferenciarlos de los radares *secundarios* o IFF.

El radar *secundario* o IFF, en realidad no es un radar, pero se lo denominó así por correlación. El IFF (indicador de amigo o enemigo) es un dispositivo que se desarrolló para la segunda guerra mundial.

Era un equipamiento normalmente colocado en tierra, casi siempre integrado con el radar primario; y consistía en un transmisor, el *interrogador*, que transmitía una serie de pulsos, éstos eran captados por otro dispositivo a bordo de los aviones llamado *transponder*, consistente en un receptor y un transmisor integrados, que al recibir los pulsos del interrogador respondía transmitiendo otra serie de pulsos que identificaban al avión; estos pulsos a su vez eran recibidos por un receptor integrado con el interrogador en tierra, y de esta forma se podía discriminar entre los aviones propios, que respondían correctamente a la interrogación y los aviones desconocidos (posiblemente enemigos) que no lo hacían.

Como el IFF era mucho más simple y barato que un radar clásico (primario), permitía la localización espacial de los aviones, y podía ser operado independientemente, fue adoptado por OACI, la Organización de la Aviación Civil Internacional, como medio para controlar el tránsito aéreo; y lo denominó *Radar Secundario*.

En la imagen *i228-antena radar* podemos observar la antena del radar *primario*, conformada por el *reflector* y un conjunto de *emisores* o *bocinas*, y por delante de éstas, la antena del IFF o *radar secundario*. Ambas antenas están integradas.

Junto a la antena se encuentra la *cabina técnica*, que contiene al transmisor y receptor del radar primario, y al interrogador y receptor del IFF. La antena está unida a la cabina técnica a través de las *guías de onda*, que conducen el pulso de energía a transmitir y luego recibir como eco.

Sólo nos falta distinguir entre *3D* y *2D*.

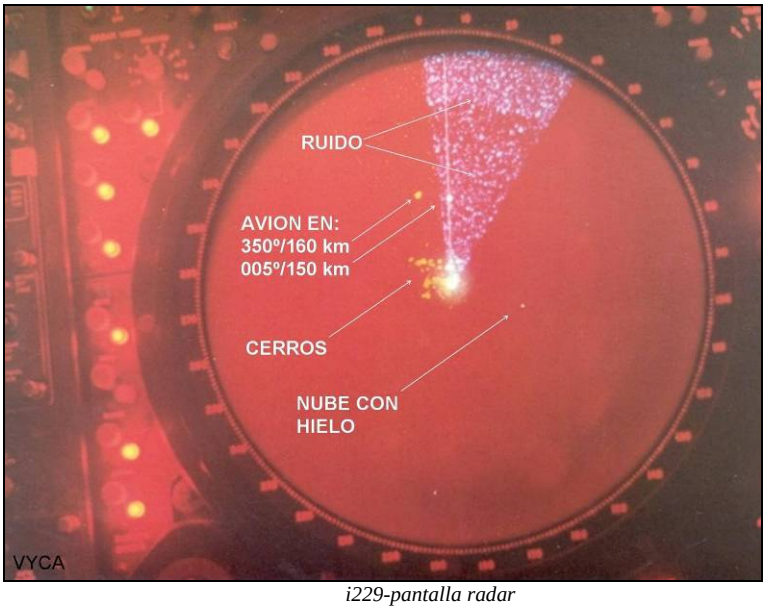
A los móviles aéreos se los localiza en el espacio utilizando dos ángulos y una distancia respecto al radar.

El primero de los ángulos es el del azimuth en el que se encuentra el avión respecto al norte magnético, con origen de coordenadas en el radar. Para poder determinar este azimuth, y hacerlo con la mayor precisión posible, los radares, mediante su antena, deben concentrar su energía en un haz (*lóbulo*) que sea lo más estrecho posible en azimuth, y hacer girar este haz (*lóbulo*) en los 360 grados.

La forma de producir ese haz estrecho en azimuth que tenían los radares como el TPS-43, era la de utilizar un *reflector* (ver la imagen *i228-antena radar*) con una forma adecuada que permitiese la concentración de la energía que salía de un *emisor*, colocado enfrente del reflector (en su foco). La comparación doméstica sería una linterna o los faros de un auto. Como interesa detectar móviles aéreos no importa la altura y la distancia a la que se encuentren, el haz (*lóbulo*) debe ser ancho en vertical.

El radar, con su haz estrecho en azimuth y ancho en vertical, mientras gira en los 360º va transmitiendo sus pulsos; el tiempo transcurrido entre que se transmite un pulso y se recibe el eco correspondiente a un avión, determina la distancia a la que se encuentra el avión.

De esta forma, utilizando estas 2 dimensiones: azimuth y distancia, el radar podía localizar a los móviles aéreos, denominados *blancos*, y presentarlos en una pantalla llamada IPP (Indicador de Posición en el Plano), como la de la fotografía *i229-pantalla radar*, que es justamente del TPS-43 en Malvinas.

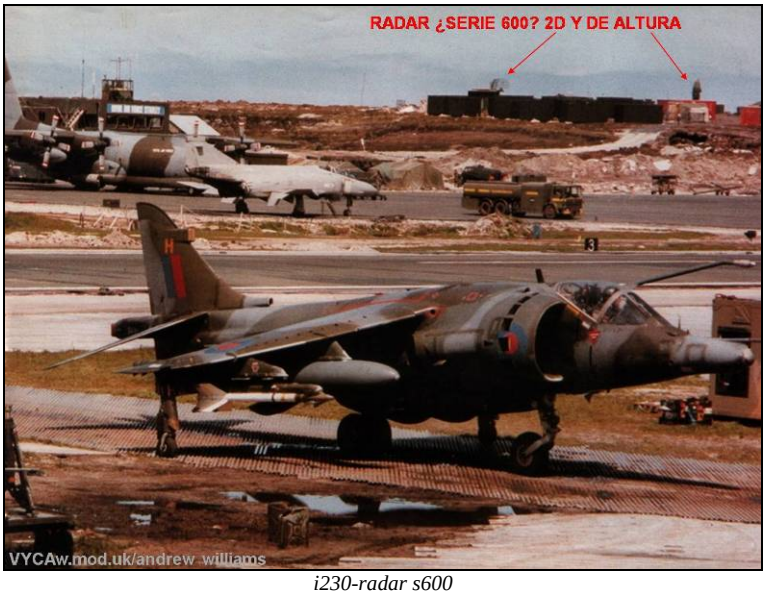


i229-pantalla radar

A estos radares que medían ángulo de azimuth y distancia se los llamaba *2D*, o de vigilancia.

Para obtener la tercera dimensión de la localización espacial del avión, su altura, se recurría a un segundo radar, también primario, al que denominaban: *de altura*.

Este era un radar cuya antena oscilaba (cabeceaba) en forma vertical, y que era orientado en azimuth por el operador del radar 2D. El ángulo de elevación en que se encontraba el eco del avión y su distancia, por Pitágoras, determinaban su altura.



i230-radar s600

La fotografía *i230-radar s600* sacada en diciembre de 1982, muestra un radar 2D y su complementario de altura ubicados en la misma elevación en donde estuvo el TPS-43 mientras permaneció dentro de la BAM Malvinas.

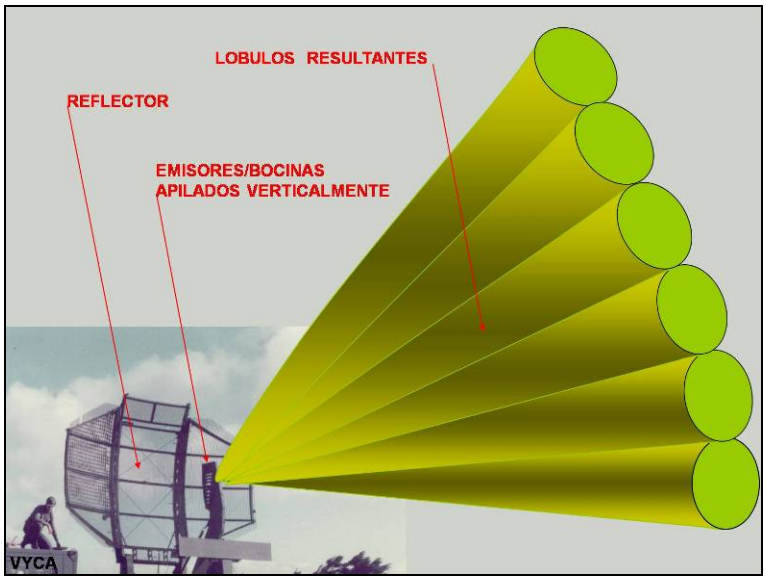
Posiblemente sea un radar móvil Marconi de la serie S-600, aunque el 2D parece un TPS-44, al que los británicos estaban empleando en la misma forma que nosotros utilizábamos al TPS-43; el que, debido al estado en que quedó por la pseudo inutilización (reversible para cumplir la orden) que realizaron los radaristas del VyCA, no pudo ser empleado por los británicos después de la guerra, por lo que decidieron reemplazarlo por otro propio.

El TPS-43 debió ser trasladado a Gran Bretaña, en donde la fábrica Westinghouse le dedicó 2 años para repararlo y ponerlo nuevamente en servicio, designándolo Type 99.

Volviendo al tema 2D y 3D, la evolución permitió que los originales radares de vigilancia, que sólo podían medir 2 dimensiones, recurriendo a diferentes tecnologías pudiesen medir también la tercera dimensión: la altura del blanco, con lo que surgieron los radares *3D*.

El TPS-43 era uno de estos radares *3D*, que recurría a una técnica llamada *de lóbulos apilados* para medir la altura del blanco. La técnica consistía en dividir al lóbulo del radar de vigilancia, que era estrecho en azimuth y ancho en elevación, en varios sublóbulos que quedaban apilados unos sobre otros, de ahí la designación: *3D de lóbulos apilados*. La comparación de las intensidades de los ecos recibidos en dos sublóbulos adyacentes determinaba la altura del blanco.

El esquicio *i231-lóbulos apilados* muestra cómo se generaba el lóbulo del TPS-43. En el foco de la antena había un grupo de emisores apilados verticalmente, que producían los diferentes sublóbulos según la posición relativa entre ellos y respecto al reflector. Como los emisores eran la terminación de una guía de onda, también se los llamaba *bocinas*.



i229-lóbulos apilados

Cubrimiento, Propagación, y Curvatura de la Tierra

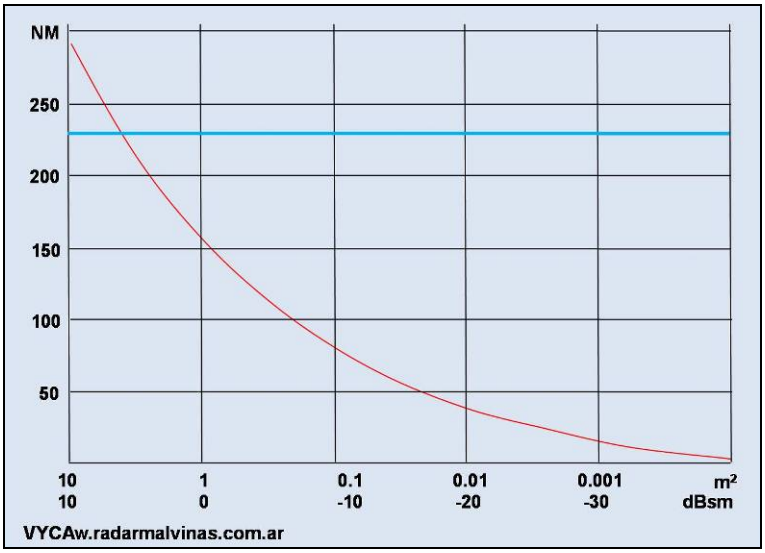
A lo que ve un radar, a su campo visual, se lo denomina *cubrimiento*. En los radares de alerta temprana como el TPS-43 este cubrimiento se forma por la rotación del lóbulo en los 360º. El cubrimiento tendrá una cierta altura, según las características del radar, normalmente alrededor de 100.000 pies (30.500 metros); y un radio o alcance de detección, también dado por las características del radar y dependiente de la intensidad de energía que devuelve el blanco como eco. En el caso del TPS-43, el alcance era de 220 millas náuticas (407 km) sobre un avión de combate típico de esa época, con una *superficie radar equivalente* de $3m^2$.

Hablamos de superficie radar equivalente porque, según el tamaño del avión o medio aéreo considerado como blanco, su forma, el material en que está construido o revestido, y otros varios factores, reflejará una mayor o menor cantidad de energía hacia el radar. Esto hará que a algunos blancos se los pueda detectar más lejos y a otros más cerca.

Para referirse a esa cantidad de energía que reflejan los diferentes blancos, se estableció un patrón de medida conocido como *superficie radar equivalente*, o *superficie radar transversal*, o *RCS* (radar cross section); cuya unidad de medida es el metro cuadrado ($1m^2$) .

Este metro cuadrado es la superficie equivalente de la mayoría de los aviones de combate modernos; los de la época de Malvinas tenían entre 3 a 3,5m^2; los llamados *stealth* o *furtivos* como el F-117 o el F-22, a pesar de su tamaño, pero debido a sus formas, material de revestimiento y otros factores, tienen superficies equivalentes inferiores a los 10cm^2, mientras que aviones más grandes como el Vulcan o el B-52 tienen superficies radar equivalentes superiores a los 20m^2.

El gráfico de la imagen *i232-alcances del TPS-43*, es lo que en esa época se conocía como *nomograma*, y muestra, en función de la superficie radar equivalente (eje horizontal), el alcance máximo teórico en millas náuticas (NM) (eje vertical) que tendría el radar.



i232-alcances del TPS-43

Como podemos apreciar, si se conocía la superficie radar equivalente, resultaba relativamente fácil determinar el posible alcance máximo de detección. La unidad *dBsm* es una notación práctica para hacer cálculos con diferentes tipos de unidades; significa decibeles respecto a 1 metro cuadrado.

Este nomograma nos muestra que en Malvinas, mientras al Harrier teóricamente se lo podía detectar a las 220 NM (407 km), al Vulcan, con una superficie equivalente mucho más grande, se lo podía detectar, también teóricamente, más allá de las 250 NM (463 km); mientras que a un misil Sea Dart captado de costado, con 0,05m^2, se lo vería a las 60 NM (111 km).

Pero para que se obtengan estos valores teóricos de alcance, se requiere: que el blanco esté volando a una determinada altura o superior, como veremos a continuación; y que la pantalla IPP donde se visualiza la información, permita ver hasta esa distancia.

En el caso del TPS-43 en Malvinas, aunque al Vulcan lo detectase teóricamente a más de 250NM, recién lo podía ver a las 230NM (425 km), cuando aparecía en el borde exterior de la pantalla. Este límite dado por la pantalla IPP es lo que hemos marcado con una línea celeste en *i232-alcances del TPS-43*.

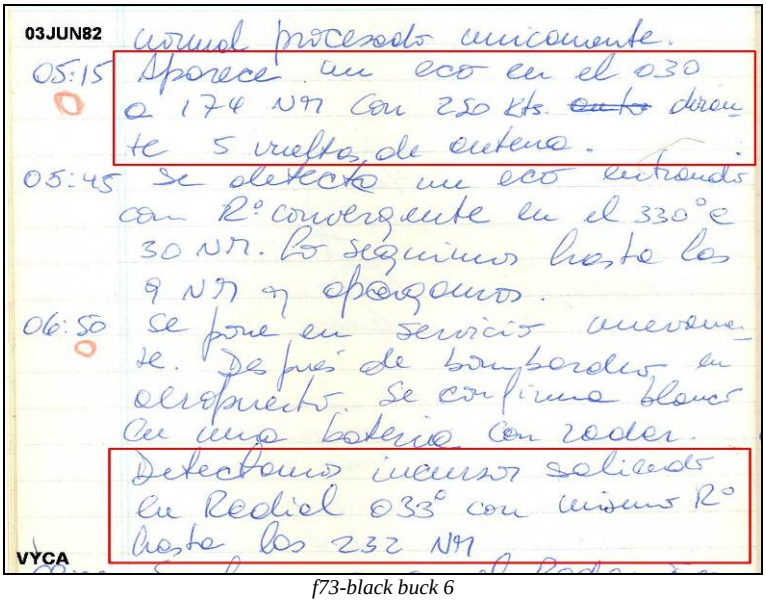
Esto es lo que muestra el facsímil *f73-black buck 6*, tomado del borrador de operación (diario de guerra) del radar, en lo recuadrado de su parte final.

Al Vulcan de la misión Black Buck 6 del día 03JUN82, que disparó uno de sus misiles contra un Skyguard, lo siguieron en su vuelo de regreso hacia Ascensión, hasta las 230 NM en el azimuth 033º, el borde de pantalla.

El primero de los recuadros del facsímil se refiere a la detección del Vulcan cuando estaba entrando hacia Malvinas. Lo detectaron en el azimuth 030º a 174 NM (322 km), pero sólo por 4 ó 5 vueltas de antena.

La diferencia de distancias, y el hecho de que sólo lo vieron esporádicamente por 40 ó 50 segundos, se debe a que el Vulcan estaba volando por debajo del lóbulo del radar, en una especie de cuña que se forma entre el lóbulo y la superficie de la tierra, y a lo que nos referiremos unos párrafos más adelante.

El Vulcan ha rozado apenas la parte inferior del lóbulo cuando se encontraba a 174 NM. Abordo contaba con un equipo llamado *alertador de radar* (RWR – radar warning receiver) que le avisaba cuando penetraba dentro del lóbulo de un radar. El piloto tardó esos 40 a 50 segundos en reaccionar y hacer bajar a su avión nuevamente por debajo del lóbulo.


03JUN82
normal procesado unicamente.
05:15 Aparece un eco en el 030 a 174 NM con 250 Kts. ~~auto~~ durante 5 vueltas de antena.
05:45 Se detecta un eco entrando con R° convergente en el 330° a 30 NM. Lo seguimos hasta los 9 NM y apagamos.
06:50 Se pone en servicio nuevamente. Después de bombardear en el objetivo. Se confirma blanco en una batería con radar.
Detectamos incursión saliendo en Radial 033° con mismo R° hasta los 232 NM
VYCA

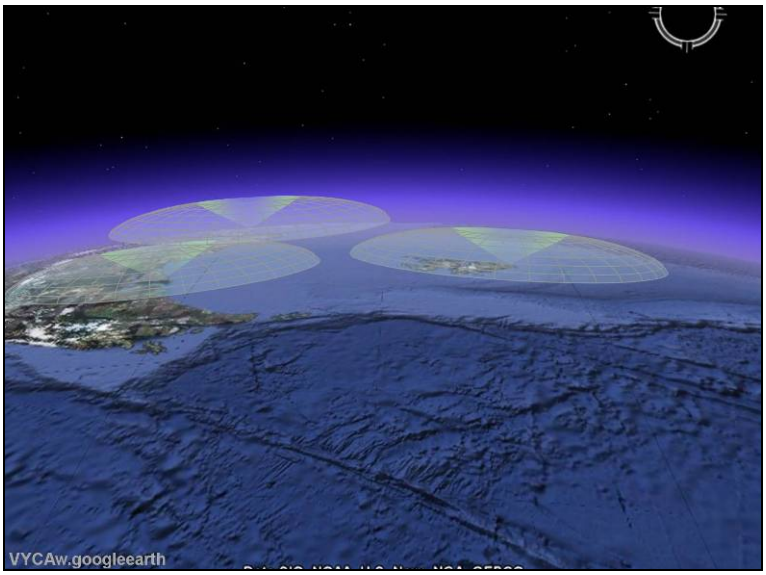
f73-black buck 6

Lo escrito entre los dos recuadros muestra el juego del gato y el ratón entre el Vulcan y el radar TPS-43. Cada vez que el Vulcan enfrentaba al radar los radaristas esperaban hasta las 9 NM o un poco antes, la distancia de lanzamiento del misil antiradiación *Shrike*, y cortaban la emisión para negarle al misil la posibilidad de que se enganchase en ella y la utilizase para guiarse contra el radar. Puede leer sobre esta operación en el escrito *Las Misiones Black Buck* que se encuentra disponible en formato PDF en el sitio www.radarmalvinas.com.ar bajo el título *operaciones* del menú.

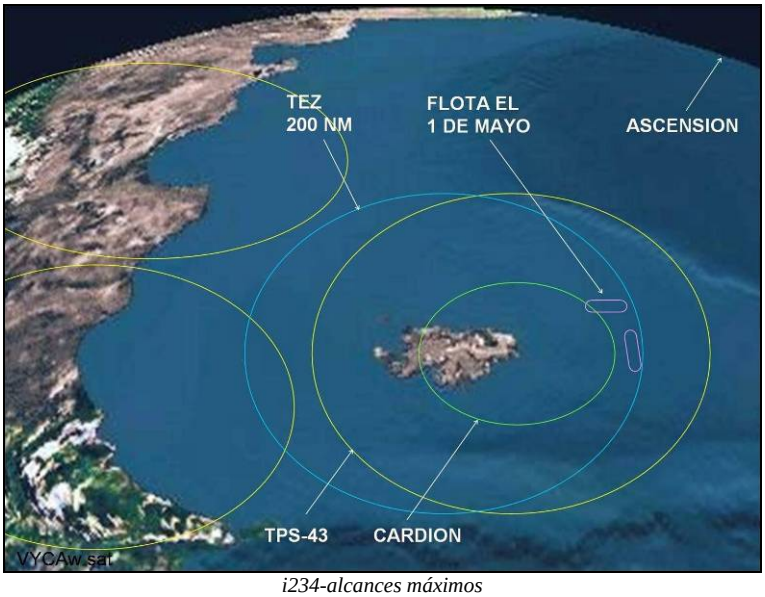
Volviendo al cubrimiento de los radares de vigilancia o alerta temprana, la forma de este cubrimiento es una burbuja; en el caso del TPS-43, de 425 km de radio y 30,5 km de alto, cuya parte inferior conforma un plano tangente a la superficie de la tierra en el punto de emplazamiento del radar, y con una depresión en forma de cono en la vertical del radar, ya que el lóbulo normalmente llega hasta los 30º de elevación respecto al plano horizontal. En una comparación doméstica, sería como una gran budinera, ancha y chata, apoyada invertida sobre la tierra.

La imagen *i233-burbujas cubrimiento* muestra los cubrimientos de tres TPS-43 para la época de Malvinas, el de Puerto Argentino y los de Rio Gallegos y Comodoro Rivadavia.

La *i234-alcances máximos*, hace posible apreciar las proporciones geográficamente. Las circunferencias son otra forma de representar los cubrimientos máximos de los tres TPS-43, y hemos colocado también el del Cardion TPS-44 de Ejército, y sus proporciones con relación a las Islas y a la zona de exclusión de 200 millas náuticas alrededor de ellas; también hemos indicado donde se encontraba aproximadamente la flota británica, divida en dos, el 01 de Mayo al iniciarse la guerra.



i233-burbujas cubrimiento



i234-alcances máximos

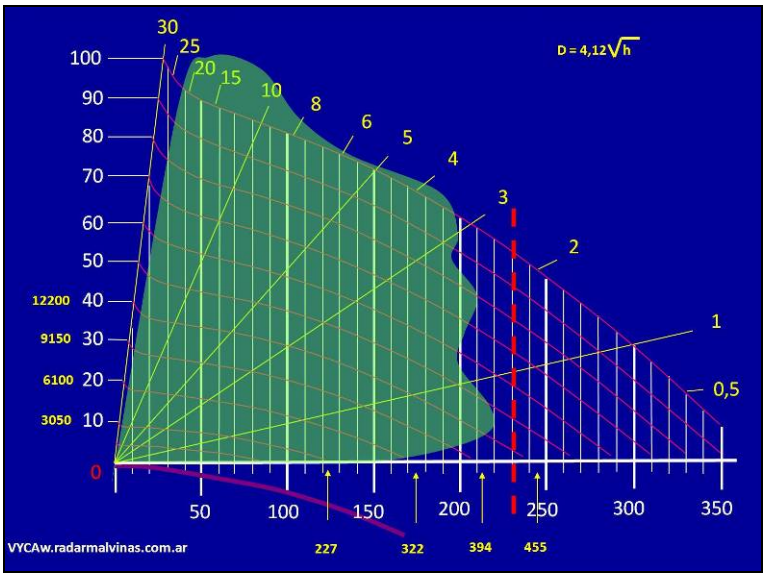
El Cardion sirve como ejemplo de lo que mencionábamos respecto a alcances y cubrimientos. Su radar primario genera menos energía (potencia) que el TPS-43 y su antena es más pequeña; el resultado es que su alcance sobre un blanco de $3m^2$ es de sólo 100 NM (185 km), pero su pantalla IPP permite ver hasta 200 NM en su borde exterior.

Esto se debe a que el IFF asociado que posee está construido en base a estándares que fijan 200 NM de rango, por lo que requiere una IPP de 200 NM aunque el primario detecte a 100 NM. En el caso del Vulcan, la superficie equivalente de éste y la pantalla del Cardion permitían verlo a unas 140 NM (259 km), aún cuando el cubrimiento del radar primario era de 100 NM (para $3m^{2)}$.

El alcance graficado de los cubrimientos en la imagen *i234-alcances máximos* es el máximo al que los radares pueden detectar a un móvil aéreo, pero para poder hacerlo dependen de la altura a la que está ese móvil, porque, como ya explicamos al principio, el borde inferior de este cubrimiento es tangente a la superficie de la tierra en el punto geográfico en donde está emplazado el radar.

Esta limitación de alcance según la altura del blanco (el avión a detectar) se debe a que la tierra es redonda, y a que las ondas electromagnéticas (del radar) se propagan en forma casi lineal.

La imagen *i235-carta 4/3*, lo muestra. Este gráfico es lo que se conoce como *carta 4/3* de la tierra, es un corte vertical del lóbulo teórico del radar, y era usada para determinar manualmente la distancia hasta donde podían detectar los radares para diferentes alturas.



i235-carta 4/3

Como tanto radar como aviones utilizan miles de pies para medir alturas y millas náuticas para las distancias, la carta está diseñada con estas unidades. Hemos agregado en amarillo las correspondientes conversiones a metros y kilómetros. El cero o inicio de las coordenadas es el lugar de emplazamiento del radar, y se asume como base para las mediciones angulares, en donde el 0º es la línea horizontal que representa la tangente a la tierra en el radar.

Las líneas curvas rojas son los niveles de altitud siguiendo la curvatura de la tierra; el punto donde estas líneas cortan a la línea horizontal es el máximo alcance de detección teórico del radar para esa altitud. Por ejemplo, la línea de los 20.000 pies / 6.100 metros corta a la horizontal en 174 millas náuticas / 322 kilómetros, quiere decir que a un avión volando a esa altura, no se lo puede ver más allá de esta distancia, porque estaría volando por debajo, y fuera, del lóbulo.

Esto se debe a la curvatura de la tierra, que hace que entre ésta y la parte inferior del lóbulo se cree un hueco con forma de cuña, con su vértice en el radar. A medida que nos alejamos del radar, la altura de esa cuña aumenta.

Si el lector recuerda las operaciones aéreas de Malvinas, tendrá presente que los pilotos argentinos procuraban volar dentro de esa cuña, por debajo del lóbulo, para que los buques británicos no los detectaran con sus radares. Por eso nuestros aviones, a medida que se acercaban a los buques, debían descender cada vez más, hasta pegarse al agua.

La misma situación, pero a la inversa, se planteaba con los radares argentinos y los posibles incursores británicos, Harrier y Vulcan; éstos podían *colarse* volando dentro de esa cuña, por debajo del lóbulo del radar.

Por eso los radaristas argentinos hicieron un análisis, que es lo que mostraremos en el presente escrito, para determinar con la mayor precisión posible a partir de donde detectarían a los incursores británicos. Esto también, sin dudas, lo hicieron los británicos, para determinar por donde volar sin que los argentinos los detectaran. El ejemplo son los vuelos de Vulcan; después de realizar su último reabastecimiento a aproximadamente 550 ó 600 km de Puerto Argentino, comenzaban un descenso para mantenerse por debajo del lóbulo de detección del radar TPS-43.

En el gráfico vemos que la expansión angular está deformada, es para facilitar las mediciones.

La fórmula de la parte superior derecha permite calcular distancias de detección en kilómetros partiendo de alturas en metros.

Los parámetros son normalizados, pero se los puede manipular para adecuarlos a cada radar y sitio en particular.

Si tomamos al TPS-43 como ejemplo, la figura en verde representa el cubrimiento vertical del radar para un blanco de $3m^2$ de superficie equivalente; y la línea roja vertical punteada corresponde al borde de la pantalla del radar para su máximo alcance, 425 km; lo que capte más allá no será presentado en la pantalla.

Esta figura en verde, girando en los 360º conforma el *cubrimiento de detección del radar*, que hemos representado como una burbuja en la imagen *i233-burbujas cubrimiento*.

A la carta se la denomina *4/3 de la tierra* debido a una característica de la propagación electromagnética en la atmósfera.

Tanto las frecuencias ópticas o lumínicas, en las que nosotros vemos, como las frecuencias de radar, forman parte del espectro electromagnético. Y tanto la luz como las señales de radar están basadas en la propagación de energía. Esta energía, al propagarse en la atmósfera, tenderá a seguir una línea que se curvará más o menos hacia la tierra según sea la frecuencia en que se realice la emisión.

En las frecuencias ópticas la propagación es casi en línea recta, mientras que en las frecuencias de radares como el TPS-43, tiene una cierta curvatura.

Por eso se habla normalmente de dos horizontes, el óptico, y el electromagnético. Esto hace que los radares *vean* un poco más allá, aproximadamente 1,154 veces el horizonte óptico. Por eso también, a la carta que recién vimos se la llama 4/3. En ella el radio de la tierra ha sido expandido a 4/3 su tamaño real para lograr que las líneas de propagación de los radares se puedan dibujar como rectas, con lo que se simplifican los análisis.

Hay además fórmulas simples que permiten calcular esos horizontes, en función de la altura del observador, o del emisor o sensor, o también del blanco a detectar.

horizonte óptico: $\text{Distancia}_{(km)} = 3{,}57\sqrt{h_{sensor(m)}}$

h. electromagnético: $D_{(km)} = 4{,}12\sqrt{h_{sensor(m)}}$ $D_{(nm)} = 1{,}23\sqrt{h_{sensor(ft)}}$

La primera es para calcular el horizonte óptico; la altura del observador o sensor está en metros, y la distancia en kilómetros.

Las segunda y tercera sirven para calcular el horizonte electromagnético. Para la segunda las unidades son metros de altura y km de distancia, y en la tercera lo que se utiliza es pies para las alturas y millas náuticas para las distancias.

No se debe confundir el horizonte electromagnético o radar, con el 0º de la carta 4/3. Lo que este 0º nos da es una condición particular, el horizonte de los blancos para un radar colocado al nivel del mar.

Apantallamiento de Objetos Naturales (los cerros) y Artificiales

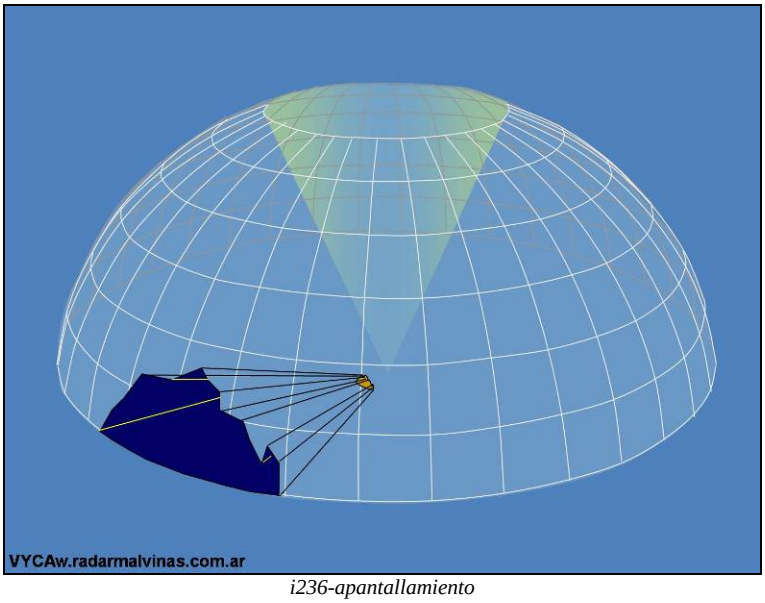
El cubrimiento que nos muestra la carta 4/3 es teórico, el radar está al nivel del mar y no hay nada a su alrededor que le impida la visión.

Cuando al radar se lo coloca en tierra, surgen varios factores que modifican ese cubrimiento teórico. Uno de ellos es el *apantallamiento* que producen los objetos naturales, como los cerros o elevaciones del terreno, o también los objetos artificiales, como las edificaciones próximas al radar, cuando por su altura quedan por arriba de la tangente a la tierra en el radar, por encima de su 0º; o, después veremos, por encima de su horizonte.

Estos objetos actúan sobre el cubrimiento (campo visual) de los radares en la misma forma en que lo hacen sobre el campo visual óptico de un observador. Haciendo una comparación doméstica, el apantallamiento que los cerros o elevaciones le producen a un radar es similar al que le produce a Usted el señor corpulento que está sentado en la fila de adelante en el cine.

Este apantallamiento es uno de los factores críticos que se debe tener en cuanta cuando se elije donde *situar* (colocar) un radar, ya que puede penalizar notablemente su capacidad de detección.

El esquicio *i236-apantallamiento* lo muestra, ese cerro dibujado próximo al radar genera un *apantallamiento* que produce un gran hueco en el cubrimiento del radar, ya que éste no detecta (ve) detrás del cerro.



i236-apantallamiento

Debido a la cantidad de cerros que cubren las islas, este era uno de los problemas más delicados a analizar y resolver por los radaristas en Malvinas.

Tilt y MTI

Una forma de solucionar el problema del apantallamiento cuando se busca donde situar (colocar) un radar, es elegir un cerro con la suficiente altura como para que todos los otros que puedan generar algún apantallamiento queden por debajo del 0º del lóbulo.

Esto resulta práctico cuando los móviles que se deben detectar vuelan a partir de cierta altura, pero no es bueno para detectar a los vuelos bajos como los Harrier o los helicópteros tratando de colarse por debajo, o procurando detectarlos a la mayor distancia posible, porque la cuña de la que hablamos antes se incrementa en un valor de altura igual a la del cerro, disminuyendo el alcance.

Los radares en general tienen facilidades para solucionar este problema. Una de ellas es la posibilidad de variar el ángulo vertical de apuntado o *inclinación* (*tilt*) de la antena. Si la antena, colocada a una cierta altura sobre el nivel del mar, se inclina (tilt) hacia abajo, se puede hacer que el lóbulo toque la superficie del mar o de la tierra a una cierta distancia, para que no queden huecos por debajo, haciendo que la cuña recién empiece a partir de esta distancia.

Con ello se logra también aumentar el alcance para las diferentes alturas de vuelo, ya que en realidad ahora quedan dos cuñas opuestas unidas por sus vértices; la del ahora sí horizonte del radar, que une a éste con el punto en donde toca a la superficie del mar o de la tierra, y la cuña que se extiende a partir de este punto al prolongar esa línea tangente.

Debido a esto, el plano tangente a la tierra en la ubicación del radar, se transforma en un cono, con vértice en el radar, que es tangente a la tierra a una cierta distancia del radar que depende de la altura a la que está ubicado éste.

Hay que ser muy cauteloso al elegir el ángulo de inclinación (tilt) hacia abajo de la antena, ya que intensifica otro problema.

Las superficies del mar y de la tierra, al ser iluminada por el haz del radar, van a devolver una gran cantidad de ecos, conocidos como *clutter*, y que van a *empastar* el centro de la pantalla. Para solucionar este nuevo problema, el radar va a recurrir a un dispositivo llamado *MTI* (movil target indicator – indicador de blancos móviles) que permite detectar los ecos móviles que corresponden a aeronaves, discriminándolos de los ecos que devuelve el terreno (*ecos fijos* o clutter).

Para hacerlo se basa en una particularidad de la propagación electromagnética llamada efecto doppler, con lo que logrará eliminar o disminuir todo ese ruido (clutter) alrededor del centro de la pantalla. La imagen *i229-pantalla radar* de página 8 muestra ese clutter.

Para eliminar los ecos fijos producidos por el terreno o el mar y recuperar los blancos móviles de las aeronaves, el MTI consume un cierto tiempo en el procesamiento. La tecnología disponible en los radares de la época de Malvinas como el TPS-43 hacía que, debido a los tiempos involucrados, el MTI se saturase fácilmente, por lo que se requería un trabajo de prueba y error, especulando con el tilt y el MTI, para lograr la mejor situación, en donde el MTI pudiese procesar toda la información sin saturarse.

EL CUBRIMIENTO DE DETECCION DEL TPS-43 EN MALVINAS

Hemos visto someramente las características de los radares y los factores de propagación y del ambiente que influyen en la capacidad de detección.

Recordemos cuales eran las necesidades que tenían que satisfacer los radaristas en Malvinas, para que el TPS-43 cumpliera con su misión desde el punto de vista *cubrimiento de detección*, y así repetir lo que ellos hicieron en 1982:

- La detección de las incursiones aéreas enemigas para alertar a la defensa aérea.
- El guiado de la caza interceptora propia.
- El guiado intermedio de los aviones de ataque propios.
- El control de todo el movimiento aéreo propio.

Para satisfacer estas necesidades, el radar debía obtener la óptima detección, en especial de las aeronaves enemigas:

- Lo más lejos posible.
- Lo más bajo posible.
- Procurando que no quedasen huecos entre la parte inferior de su lóbulo y la superficie de la tierra o el mar.
- Procurando que no hubiese elevaciones del terreno, por ejemplo los cerros, que obstruyeran o disminuyeran su campo visual.
- Pero sobre todo, logrando una distancia de detección, que se traduce en tiempo de reacción, suficiente como para que actuasen las armas contra aire.

Como vimos al principio, la península donde se encontraba la BAM Malvinas era uno de los puntos geográficos más orientales de las islas, y por lo tanto, dejar al radar dentro de la BAM satisfacía esas necesidades, ya que reunía todas las ventajas desde los puntos de vista cubrimiento de detección hacia el Este, logística, y seguridad; pero también indicaba que las perspectivas de supervivencia del radar eran casi cero.

Las imágenes *i226-radar en puerto argentino* e *i227-tps en aeropuerto* de páginas anteriores nos mostraban que el mar estaba demasiado cerca y que el lugar donde estaba el radar era demasiado liso; y como dijimos, si los británicos lo dañaban, había que reemplazarlo con uno de los instalados en el continente, lo que significaba un serio deterioro en el cubrimiento continental, y especular con la posibilidad de concretar rápidamente 2 vuelos de C-130 para trasladarlo.

Por lo tanto, además de buscar el mejor cubrimiento, los radaristas debían encontrar la forma de que superviviera toda la guerra, no importara con que se lo tratase de destruir.

En esa búsqueda, fueron encontrando y descartando lugares, y se quedaron con dos.

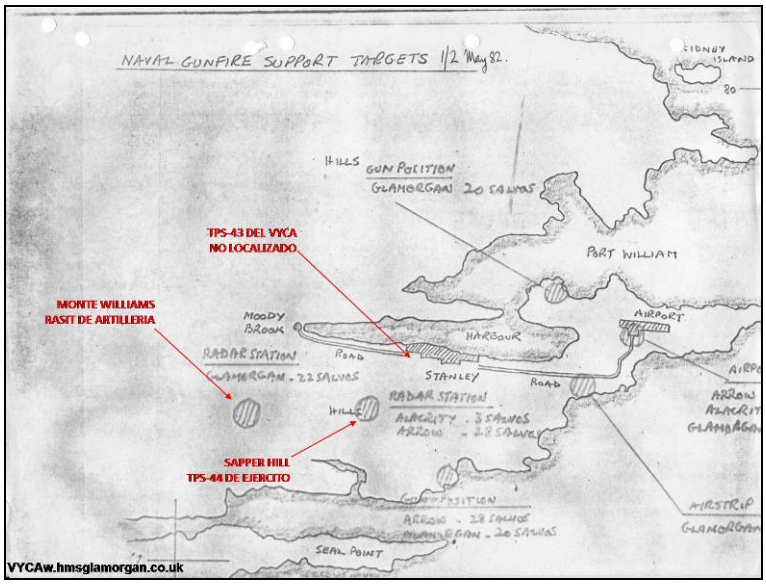
Uno era sobre el cerro *Sapper Hill*, su altura de 453 pies (138 metros) en relación a la de los otros cerros del oeste y el norte hacía que el apantallamiento de éstos fuera relativamente bajo, y suponían que con un tilt negativo de 0,2º de la antena lograrían un buen cubrimiento hacia el Este y posiblemente el MTI podría procesar toda la información.

Tenía un camino de acceso bastante firme como para ir y venir continuamente con el combustible y el resto de la logística, y estaba en la *línea de vista* de donde se emplazaría el Centro de Información y Control (CIC) y el Comando del Componente Aéreo, con lo que podrían asegurar un buen enlace de comunicaciones mediante el equipo de microondas que habían llevado.

Este habría sido el sitio ideal. Pero, sería visible y atacable desde el mar y desde el aire, sin posibilidades de supervivir, por lo que lo descartaron. No hizo lo mismo la artillería antiaérea de Ejército cuando llegó alrededor del 20 de Abril, instalando allí el *Cardion TPS-44*; el que confirmó los pálpitos de los radaristas del VyCA, porque fue uno de los lugares que atacaron los buques británicos cuando se aproximaron a bombardear el 01MAY a la noche.

La imagen *i237-bombardeo buques*, obtenida del sitio web de la *Glamorgan* muestra la marcación del Sapper Hill como lugar a bombardear porque en él se encuentra una estación de radar. También marcan como posición de estación de radar al monte *Williams*, donde la artillería de campaña de Ejército había instalado un pequeño radar *Rasit* para detección de vehículos y personas.

Se le ha escapado a la inteligencia británica, y es por tanto orgullo para los radaristas, la ubicación del TPS-43, en donde comienzan las tierras de pastoreo comunales justo en el borde del pueblo.



i237-bombardeo buques

No sabemos por qué, suponemos que fue el acomodamiento Divino del azar, los británicos nunca localizaron al TPS-43 en su real posición, ni con la fotografía aérea, ni con sus Comandos, ni con los pseudo espías kelper, y siempre lo dieron como ubicado en el Sapper Hill hasta el final de la guerra.

El segundo lugar que en un principio fuera retenido como posible por los radaristas, y que fue el que definitivamente eligieron para emplazar al radar, quedaba justo en el borde del pueblo, por este lugar pasaba la parte más elevada de una especie de nervadura en el terreno, que bajando del Sapper Hill, continuaba por detrás del pueblo y se transformaba en el istmo que unía a la península donde estaba el aeropuerto.

Tanto hacia el Sur y el mar, como hacia el Norte, donde estaba el pueblo y la bahía, el terreno descendía, e igualmente descendía hacia el Este y la posible ubicación de la flota, aunque la visión se veía penalizada hacia el Oeste y el interior de la isla por las primeras elevaciones de los cerros.

Al radar lo colocaron justo en la cresta de esta nervadura.

En el escrito *Ubicación del Radar* que se encuentra disponible en formato PDF en el sitio www.radarmalvinas.com.ar bajo el título *el radar* del menú se puede leer una descripción detallada del lugar de emplazamiento.

La imagen *i238-emplazamiento*, aunque es reciente y con Puerto Argentino mucho más construido, nos permite tener una clara idea del emplazamiento geográfico del radar y su entorno, ubicándolo respecto al pueblo y a otras unidades. El Norte se encuentra a la izquierda de la fotografía.

Como podemos observar, la pendiente del terreno desciende hacia el Norte donde está el pueblo, hacia el Sur y el mar, y hacia el Este.

Arriba, en la línea del horizonte, en donde lo habían estimado los radaristas, se colocó la flota británica, lo más alejada que pudo de los posibles ataques argentinos que pudiesen llegar desde el continente.

Este sitio radar también satisfacía varios de los otros criterios que se deben tener en cuenta además del cubrimiento.

Les aseguraba un acceso permanente de vehículos entre el radar y el pueblo, en especial para la provisión de combustible.

Esta ubicación también les daba grandes probabilidades de supervivencia. Si consideramos el bombardeo naval desde el Sur, los cañonazos que quedasen cortos serían absorbidos por la turba blanda, a lo que ayudaría la pendiente en ascenso; si se iban largos, la brusca pendiente en descenso hacia el Norte, donde estaba el pueblo, haría que el lugar de impacto se alejase, lo blando de la turba también actuaría, y a todo esto se sumaría la autolimitación que, los radaristas suponían aunque esta vez errados, se impondrían los británicos para no correr el riesgo que sus cañonazos cayesen sobre alguna casa.

i238-emplazamiento

Lo mismo sucedería si el bombardeo naval era desde el Norte, al otro lado de la bahía.

Y de la misma forma actuarían, pendientes y turba, en caso de bombardeo aéreo con bombas clásicas.

Los radaristas suponían que esta ubicación, justo en las afueras del pueblo, también contribuiría a que el enmascaramiento fuese exitoso.

La imagen *i239-predio radar* muestra el lugar en detalle (con el Norte y el pueblo arriba).

i239-predio radar

En el lugar elegido había un pesebre para animales, cuya altura coincidía con la de la base de la antena; detrás de éste, mirando desde el mar, colocaron la *antena* y la *cabina técnica*, que deben ir juntas, y que quedaban así ocultas a las vistas desde el mar, sobresaliendo por encima del pesebre sólo la antena en sí, la que es imposible de ocultar.

A la *cabina operativa*, dentro de la que deberían quedarse operando, pasara lo que pasare, la colocaron a 70 metros, el largo máximo de los cables de señales que unen a ambas cabinas.

De esta forma la cabina operativa quedó a unos 10 metros de lo que sería la casa de mecánicos y soldados.

A mitad de camino entre ambas cabinas colocaron los 2 generadores y los tanques de combustible, junto a uno de los pocos árboles que hay en las islas.

El Análisis del SITIO RADAR

Sitio radar es una expresión que significa una acción. Comprende todos los análisis, estudios y consideraciones que se deben realizar para determinar cuál será el lugar en donde se emplazará el radar.

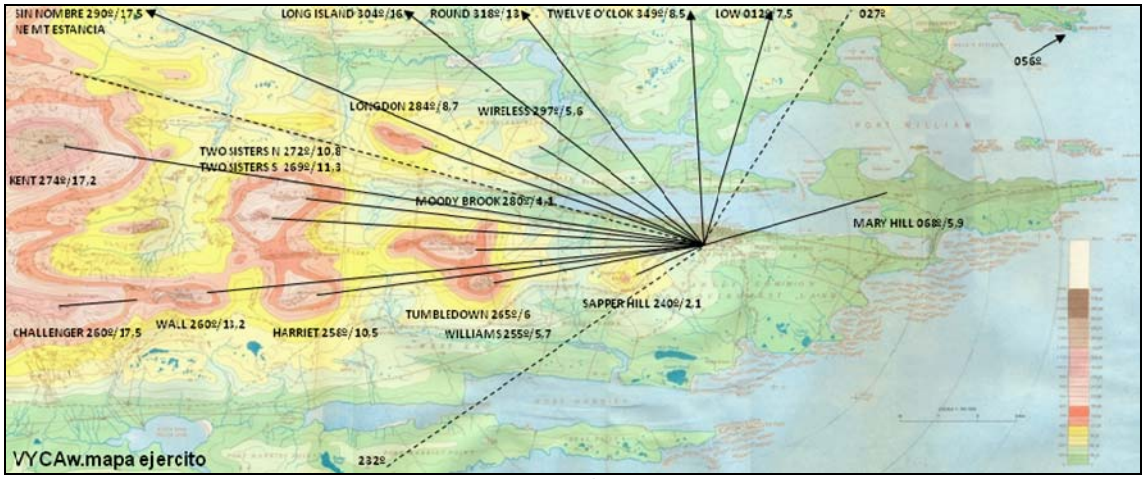
Ahora es muy fácil de hacer. Basta con tomar un modelo 3D digitalizado del terreno y hacer correr un software específico que va a graficar, con una muy buena precisión, cuál será el cubrimiento de detección del radar.

En la época de Malvinas esto no existía, sólo había cartas y mapas en papel, con una precisión y detalle dudosos, diferentes nomogramas, un teodolito y una cámara fotográfica, y tal vez una pequeña calculadora de bolsillo de las llamadas científicas.

Por eso realizar el *sitio de un radar*, era más arte que ciencia, aunque había numerosos manuales que explicaban técnicas y procedimientos para realizarlo, recurriendo normalmente a engorrosos nomogramas.

El *sitio* que mostraremos a continuación fue hecho ahora, 2009, utilizando las técnicas modernas; pero ha sido manipulado para tratar de representar con la mayor aproximación posible lo que hicieron los radaristas en 1982.

Uno de los elementos esenciales eran las cartas con curvas de nivel, como la mostrada en la imagen *i240-ubicación cerros*, que hemos obtenido del Informe Oficial del Ejército Argentino, y sobre la que hemos graficado las posiciones azimutales y distancias en kilómetros, respecto al radar, de los cerros de los alrededores, incluyendo algunos del norte que están por fuera de ella.



i240-ubicación cerros

En 1982 los radaristas habían conseguido una carta similar, británica, en la Secretaría de Obras Públicas de la Gobernación.

Otro elemento esencial era un teodolito, que colocado sobre un Unimog (pequeño camión militar) para simular la altura de la antena y referenciado al norte magnético, permitía medir visualmente dos ángulos, azimuth y elevación.

Sobre la base del teodolito se podía montar una cámara fotográfica, que complementaba, mediante la imagen, las mediciones que se realizaban.

Ahora podemos determinar con precisión que el terreno en donde los radaristas emplazaron el radar estaba a 164 pies (50 metros) sobre el nivel del mar. En ese entonces no era tan fácil medirlo, y por eso todos los cálculos los hicieron para una altura estimada de 30 metros.

A esta altura del terreno había que agregarle la de la antena hasta su foco, de 5 metros, por lo que la altura de la antena respecto al nivel del mar para los cálculos sería de 55 metros (180 pies).

Las unidades de medida figuran en pies y millas náuticas (NM) además de metros y kilómetros, porque tanto para todos los cálculos como para su trabajo diario los radaristas deben utilizar pies y NM como unidades.

Siguiendo con el procedimiento manual que se aplicaba en la época de Malvinas, conocidas la distancia y la diferencia de alturas entre cada cerro y el radar, y recurriendo a nomogramas, o a Pitágoras y a las fórmulas de distancia que mostramos en la página 13, se podían calcular los ángulos de apantallamiento que cada cerro y elevación intermedia produciría.

También utilizando nomogramas o las fórmulas de página 13 se podían calcular distancias a partir de las cuales las elevaciones de determinada altura quedarían por debajo del 0º que normalmente se usa como referencia.

Por ejemplo y en Malvinas, no había que preocuparse por los cerros que midiesen 250 pies o menos, a partir de los 19 km de distancia; lo mismo con los que midiesen 300 pies o menos a partir de los 25 km, 33 km para los de 400 pies, etc.

Para lograr un buen estudio de apantallamiento los modelos actuales suelen realizar mediciones cada décima de grado en azimuth. Para Malvinas todo era manual, así es que uno se daba por satisfecho con medir cada 1º; lo que significaba, por lo menos, 360 mediciones.

Como vemos el trabajo era complejo y tedioso, con numerosos cálculos y graficación sobre papel. Pero sigamos construyendo el mapa de cubrimiento del TPS-43 en Malvinas.

Como la antena estaba a 55 metros sobre el nivel del mar, y el terreno descendía tanto hacia el Este como hacia el Sur, como muestra la imagen *i238-emplazamiento,* podían mover la inclinación (tilt) hacia abajo, para hacer que la parte inferior del lóbulo rozara la superficie del mar a una cierta distancia, no dejando una altura libre entre ambos y alejando del radar el vértice de la cuña, la que comenzaría a partir del punto de contacto del lóbulo del radar y el mar.

Las mediciones que efectuaron indicaban que el lóbulo tocaría el mar, el horizonte, a 32,5 km de distancia, con un tilt negativo de 0,088º.

Este sería el tilt aproximado que deberían colocar los radaristas cuando instalaran el radar en ese sitio, y deberían comenzar a especular con la capacidad del MTI para procesar toda la información, ya que el tilt negativo iba a provocar gran cantidad de reflejos del terreno circundante, los ecos fijos; agravado por los cerros del Oeste, con alturas que oscilaban entre los 200 y los 270 metros, que reflejarían aún más, y por el mar cuando estuviese picado, ya que las olas también producen reflejos.

Este trabajo de compromiso entre el tilt y el MTI sólo lo podrían hacer con el radar ya instalado en su emplazamiento, ya que consistía en prueba y ajuste. Darle un determinado tilt, y ver qué pasaba con el MTI, ya que éste debía recuperar, de en medio de todo ese *clutter* (empastamiento) que devolvían el terreno y el mar, a los blancos móviles aéreos, sin que se saturase y no eliminara al clutter.

Las pruebas determinaron que con un tilt de -0,1º el MTI funcionaba adecuadamente, aún con mar picado.

De esta forma el lóbulo del radar, a 3 dB, tocaba la superficie del mar entre los 28,6 y 32,5 km, sin dejar espacio por donde se pudiese filtrar un Harrier o un helicóptero británicos.

El término *3 dB* es una referencia de valor. El lóbulo del radar graficado en la carta 4/3 no tiene un borde o línea de corte abrupto, en donde, de un lado detecta y del otro no.

El lóbulo es como el haz de una linterna, cuya intensidad de energía va disminuyendo a medida que se aleja del eje. La línea de 3 dB, que es la dibujada en la carta 4/3, es aquella en donde la energía irradiada es sólo la mitad de la irradiada en el eje del lóbulo, la irradiación continúa por fuera de esos 3 dB, por lo que el haz del radar tocaba al mar también más cerca de los 28,6 km.

En el mapa de la imagen *i240-ubicación cerros* se aprecian tres líneas punteadas; la de los 027º y la de los 232º corresponden a los extremos del arco azimutal en el que el lóbulo del radar tocaba el mar, hacia el Este y el Sur.

La tercera línea punteada coincide con los 280º y el valle del *Moody Brook*, la hemos marcado porque, como después veremos, este valle era uno de los corredores de detección más despejados para el radar en la zona de los cerros, y alineado azimutalmente.

Si en el mapa prestamos atención a los colores de las curvas de nivel, vemos que en general los cerros son longitudinales, y orientados en su mayoría de Oeste a Este.

También podemos apreciar que respecto a la posición del radar, en el centro de las coordenadas, están en general bastante agrupados angularmente, con algunos enfilados uno detrás del otro, y con su dirección longitudinal coincidente con un azimuth del radar, en la misma forma que el valle del Moody Brook.

La imagen *i241-cerros longitudinales*, nos muestra lo expresado.

i241-cerros longitudinales

En ella podemos ver como los cerros tienen forma de nervaduras que se extienden de Oeste a Este, y por lo tanto, a aquellos que están al Oeste de Puerto Argentino se los ve estrechos cuando se los observa desde el pueblo o desde el radar.

No sucede lo mismo, como enseguida veremos, con los cerros ubicados al Norte, en particular el cerro *Low*.

Recién hablamos de 0º y de tilt -0,1º. Utilizando las imágenes que siguen, trataremos de mostrar lo que el radar *veía* en los 360º. Algunas fueron sacadas por el personal del VyCA, otras las obtuvimos de Internet. No están sacadas exactamente desde el lugar de emplazamiento de la antena, pero dan una idea bastante aproximada. Les hemos trazado encima una línea amarilla horizontal, ésta coincidiría con lo que sería el 0º de inclinación de antena.

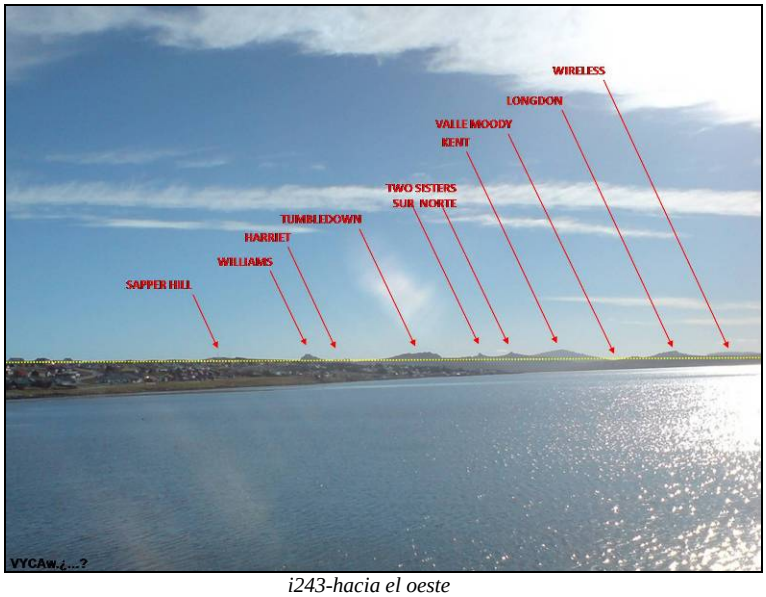
La *i242-hacia el sur*, está sacada desde arriba de la cabina operativa, a una altura casi coincidente con la del foco de la antena, y vemos que queda una gran extensión de imagen entre la línea del 0º y el horizonte y el mar.

La *i243-hacia el oeste*, aunque sacada desde la bahía, muestra casi todos los cerros y el valle del MoodyBrook, y nos da una idea de lo que quedaba por arriba y por debajo del 0º.

La *i244-hacia el noroeste*, ha sido sacada desde Montana House, una de las casas que los radaristas alquilaron, que está unos 15 metros más baja que la antena.

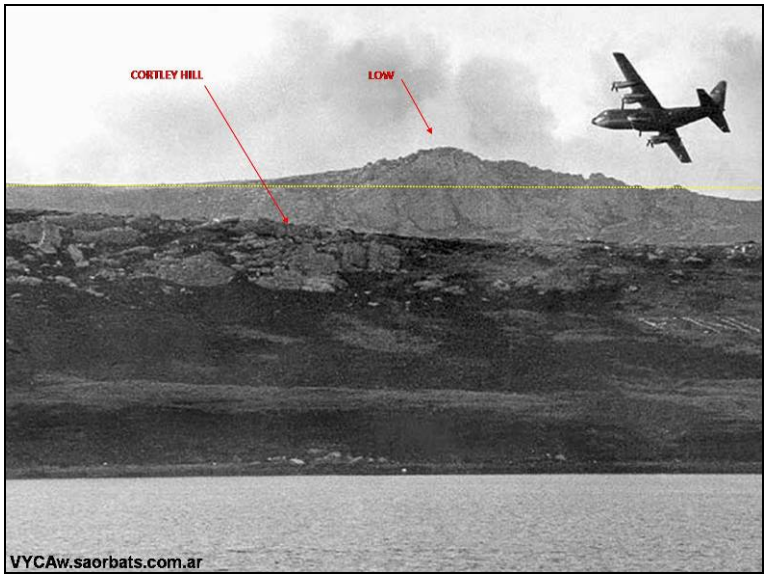
La *i245-cerro Low*, sacada probablemente desde el muelle del pueblo, muestra como este cerro, al estar al Norte, produce un gran apantallamiento en azimuth debido a su orientación de Oeste a Este.

i242-hacia el sur

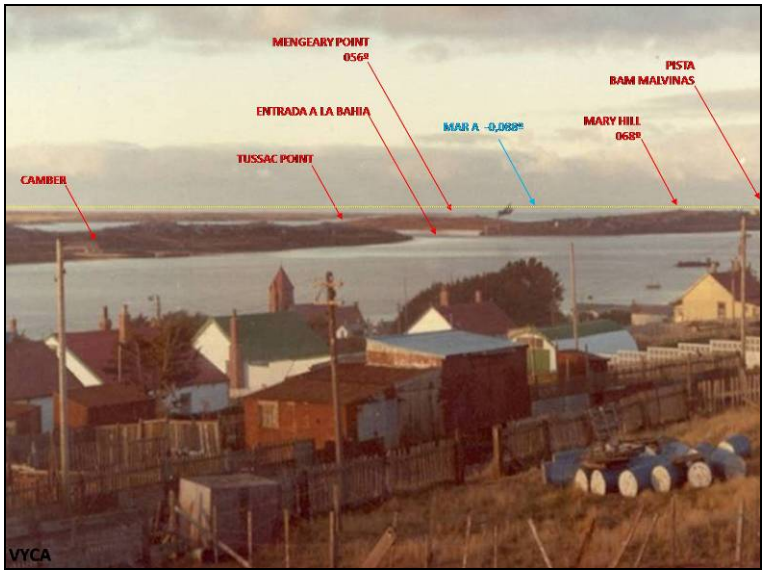


i243-hacia el oeste

i244-hacia el noroeste



i245-cerro Low



i246-hacia el noreste

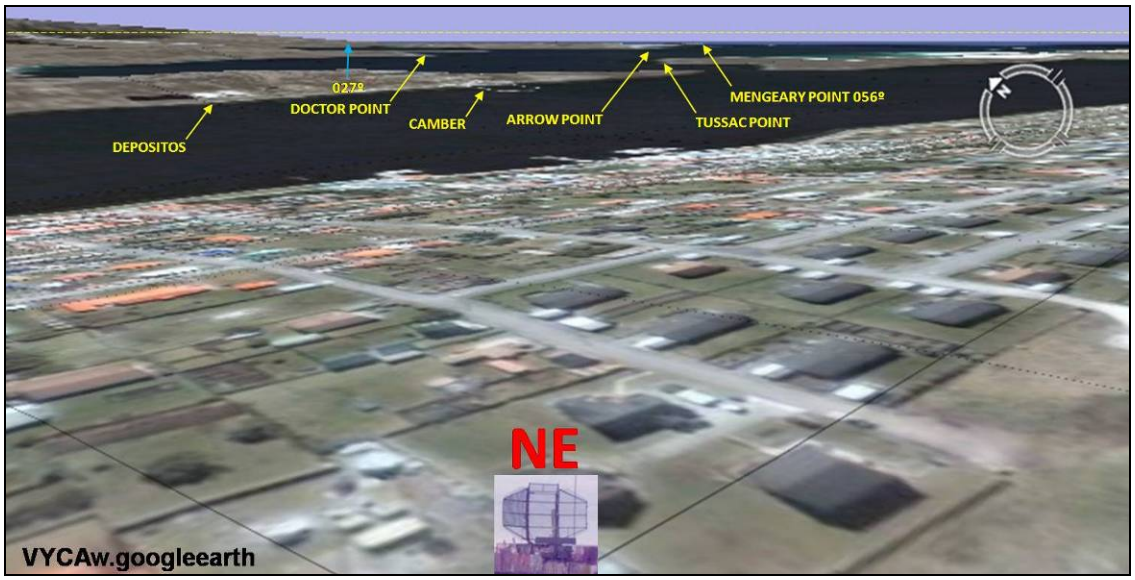
La imagen *i246-hacia el noreste*, que ha sido sacada desde la casa de mecánicos y soldados, muestra la entrada de la bahía frente al pueblo, parte de la península del aeropuerto a la derecha, y la prolongación de la costa del otro lado de la bahía de la Anunciación (apenas por debajo de la línea amarilla), que termina en *Mengeary point*. También podemos observar aunque es muy tenue, justo a la altura del C-130 que se va, la línea del horizonte y el mar, a -0,088º.

A lo que muestran estas fotografías lo hemos tratado de reproducir recurriendo a Googleearth y completando la visión en los 360º.

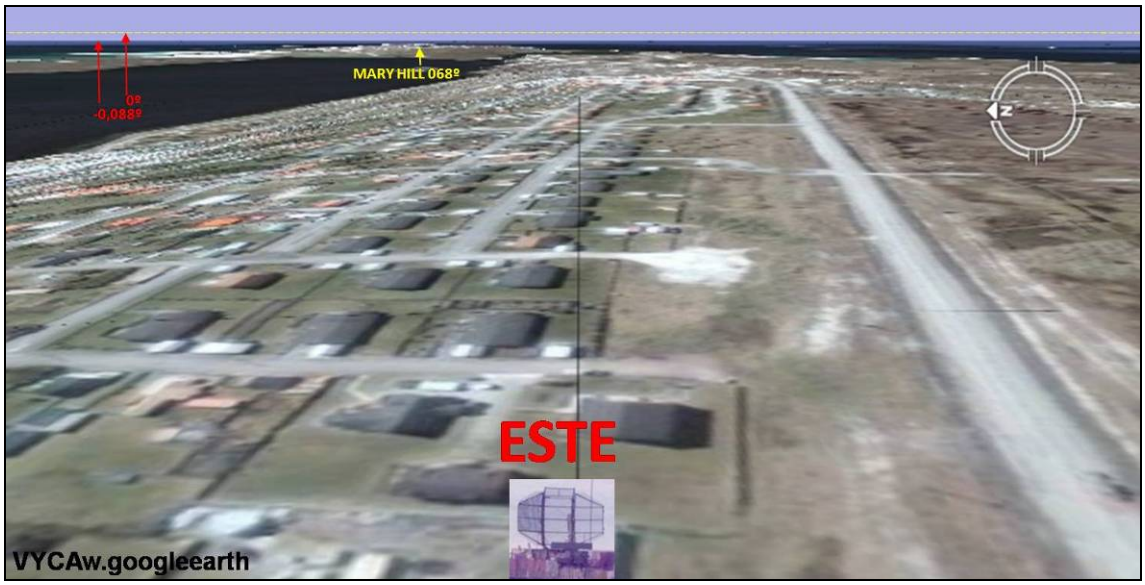
Hemos colocado la fotografía de la antena en el lugar en donde estaba emplazada en 1982; inclinado la imagen de Googleearth y colocado el ojo del espectador un poco por arriba de la antena para compensar los 4/3 de la propagación; y hemos trazado una línea amarilla en donde estaría el 0º de inclinación. El pixelado no es lo deseable pero nos permite reproducir, con bastante aproximación, el entorno del radar en los 360º, casi en la misma forma en que se veía desde la antena en 1982.

Comenzamos con la imagen del Noreste, *i247-noreste*, que se corresponde con la de la fotografía que tomaron los radaristas desde la casa de los mecánicos y soldados, y continuamos en el sentido de las agujas del reloj, hasta llegar al Norte.

En las imágenes podemos apreciar la posición de la línea de horizonte respecto al 0º, sea el mar, sean los cerros. Hemos sobreimpreso los nombres de los accidentes del terreno que nos interesa destacar y su posición en azimuth respecto a la antena del radar. Estas imágenes representan lo que los radaristas elaboraban y trataban de graficar en papel, para determinar el cubrimiento del radar.

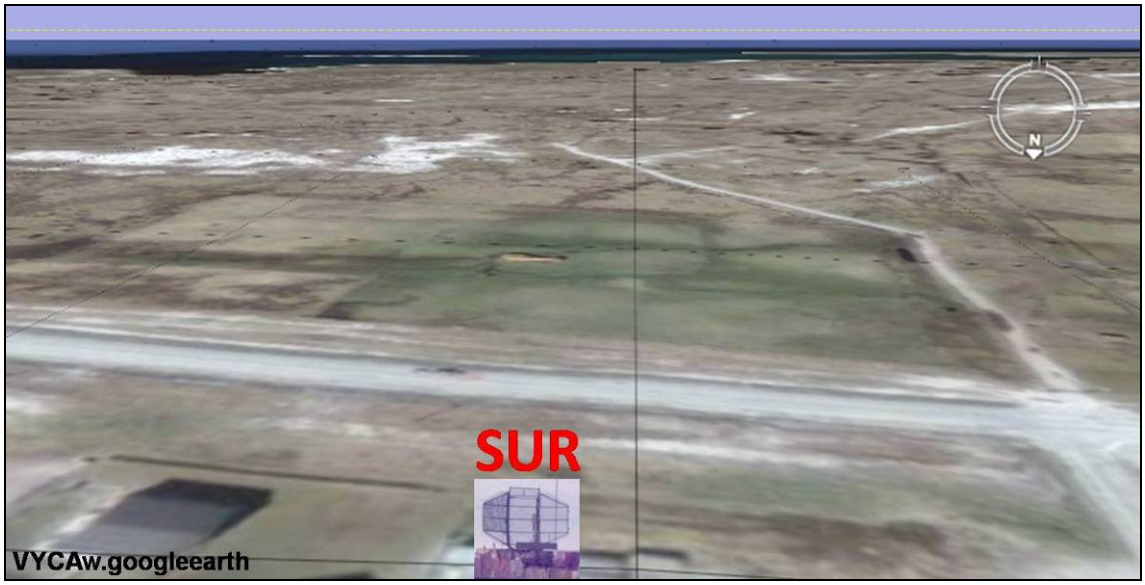


i247-noreste



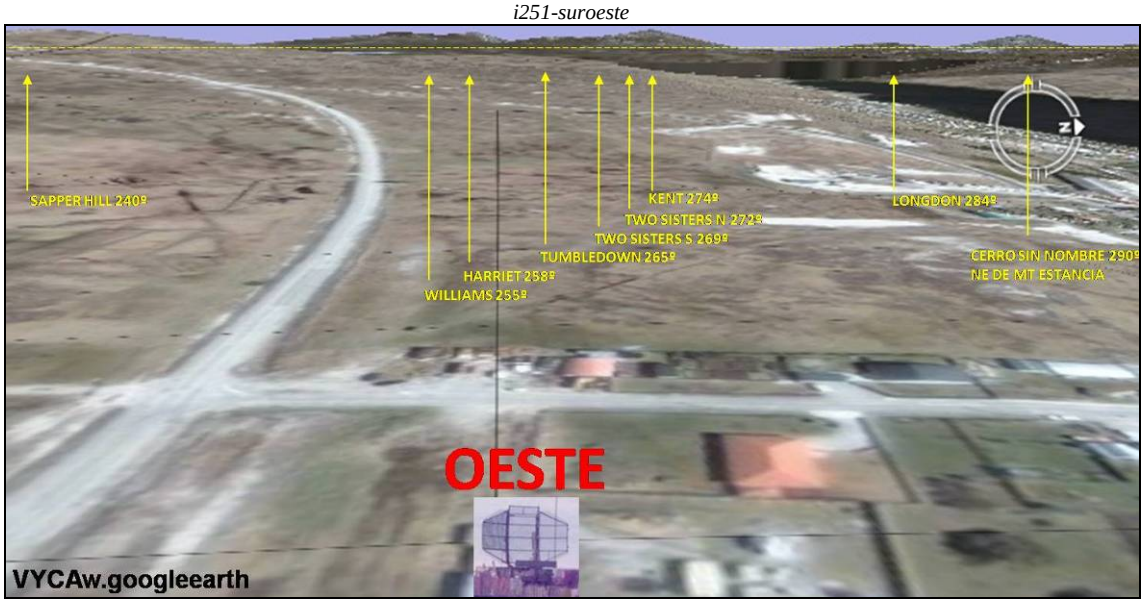
i248-este

i249-sureste

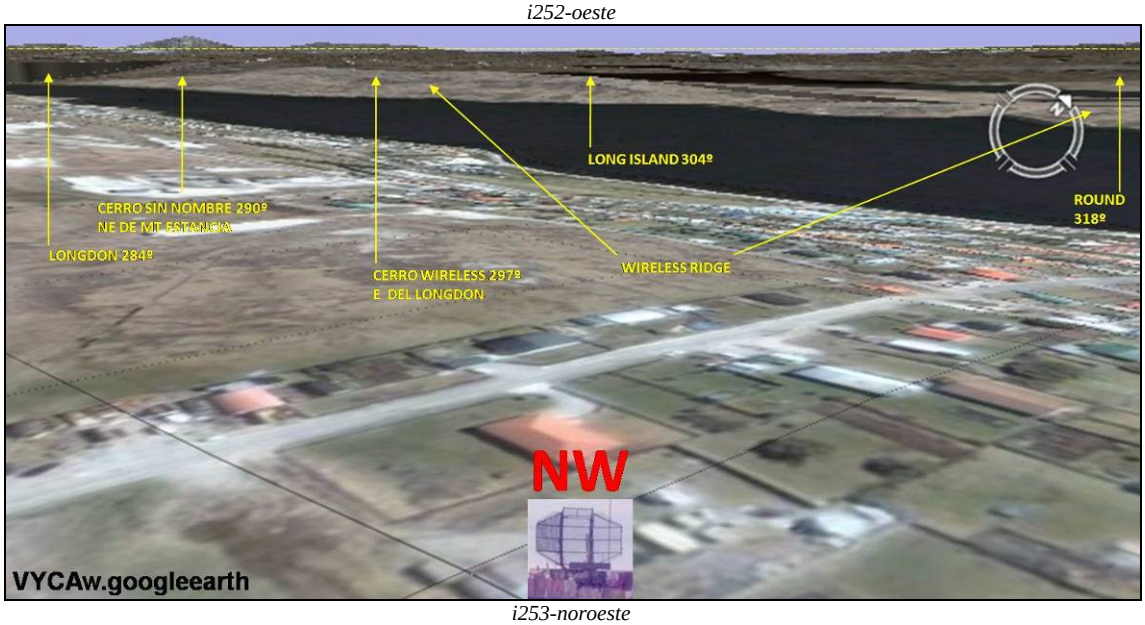


i250-sur

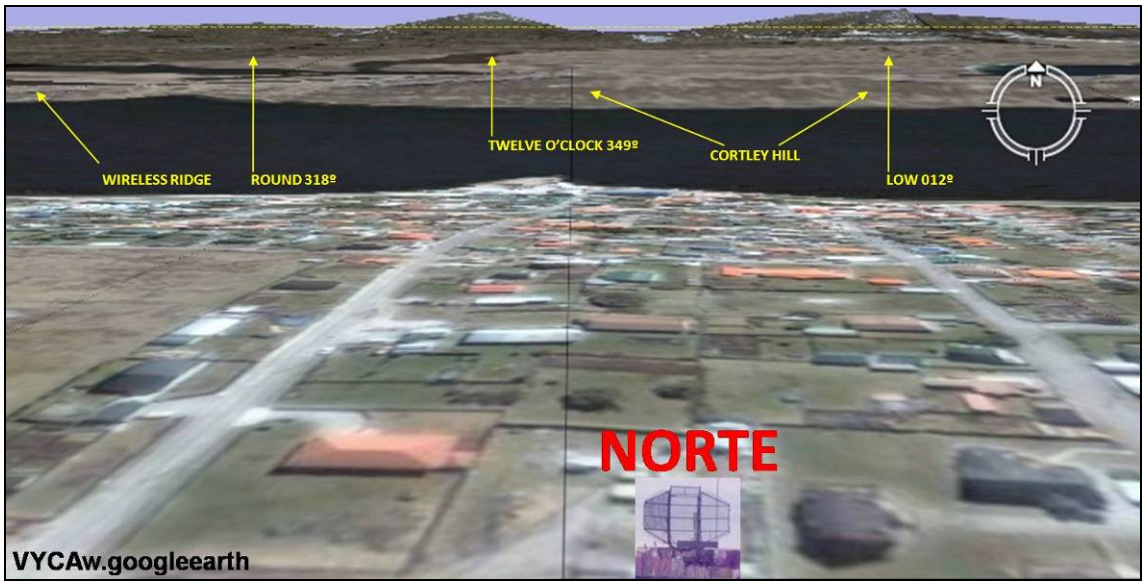
i251-suroeste



i252-oeste



i253-noroeste



i254-norte

En este giro panorámico de los 360º que hemos realizado recurriendo a Googleearth, sus imágenes nos están mostrando que, desde los 027º hasta los 232º, el horizonte del radar estaba por debajo del 0º y dado por la línea del mar, a -0,088º. La única elevación que producía un leve apantallamiento, aunque no superaba el 0º era Mary Hill en los 068º de azimuth, es una pequeña elevación ubicada en la península del aeropuerto, a la que los radaristas llamaban *la cantera*, y junto a la cual estaba el medio caño que habían utilizado como alojamiento mientras estuvieron dentro de la BAM Malvinas entre el 02 y el 12ABR. Lamentablemente el pixelado de las imágenes no es el adecuado para mostrar en detalle el apantallamiento del Mary hill.

A partir de los 232º termina el mar como horizonte y comienza el terreno, que se eleva por arriba de los 0º iniciando la pendiente del Sapper Hill, y continuándose con el resto de los cerros hacia el Oeste y el Norte.

A cada uno de los cerros lo hemos localizado en azimuth, facilitando su confrontación con lo graficado en el mapa de la imagen *i240-ubicación cerros* de página 18, en donde para cada uno está colocada la distancia al radar en km.

La línea amarilla del 0º nos permite apreciar tanto las elevaciones que quedaban por arriba como las depresiones que quedaban por debajo o justo en el 0º.

En la imagen *i253-noroeste*, se observa el *Wireless Ridge*, que es una nervadura del terreno que queda por delante de los cerros y por debajo del 0º; y que se prolonga hacia el Este como *Cortley Hill*, cerrando la bahía de Puerto Argentino por el Norte.

La imagen siguiente, *i254-norte*, muestra al cerro Low, permitiendo apreciar lo ancho que era en azimuth por encima del 0º de inclinación. Por delante de él se encuentra Cortley Hill, que también estaba por debajo del 0º.

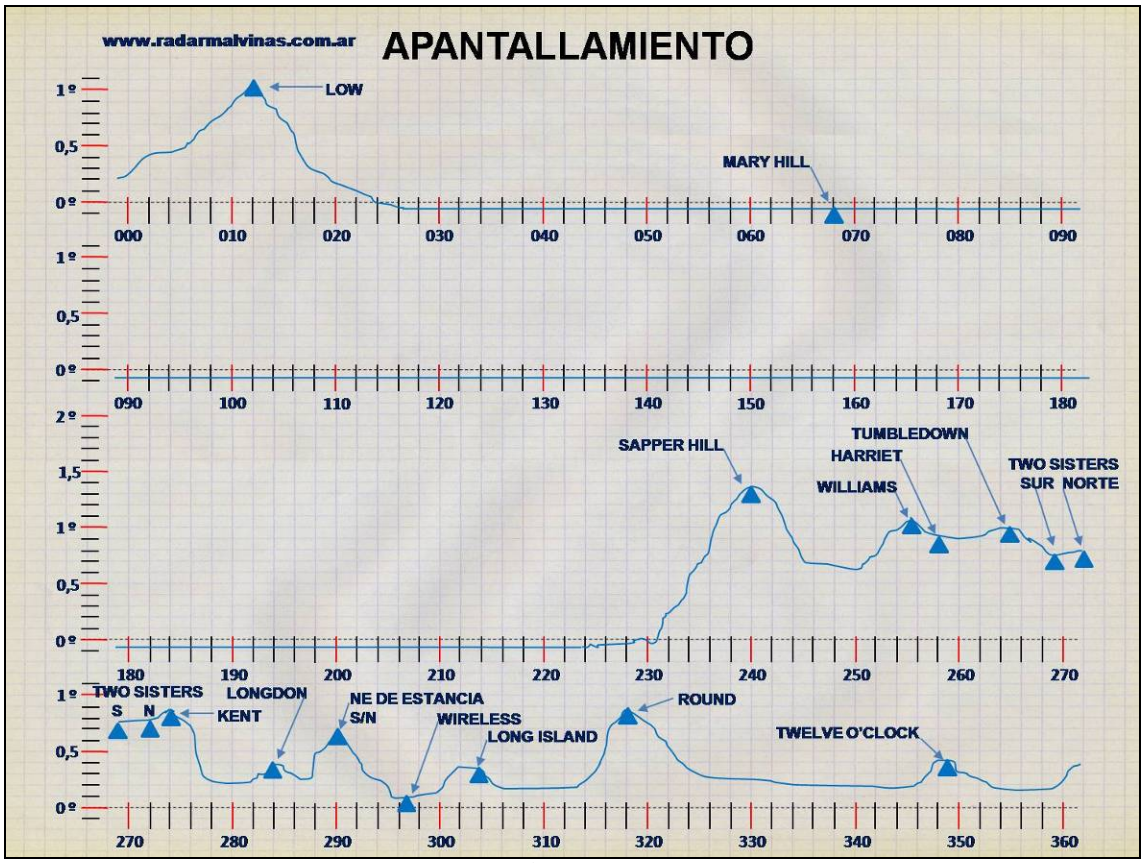
Como después veremos, tanto el *Wireless Ridge* como el *Cortley Hill* no producían un real apantallamiento en el cubrimiento de detección del radar; pero el hecho de extenderse de Oeste a Este, y que por detrás de ellos, al Norte, el terreno estuviese por debajo de sus niveles, producía una especie de desfiladero o túnel en donde el radar no detectaba y por donde por lo tanto podían filtrarse tanto los Harrier como lo helicópteros británicos; lo que mostrará la imagen *i260-cubrimiento a ras*.

Otro tanto sucedía con *Murrell Heigths*, el cordón que contiene a los cerros *Low* y *Twelve o'clock*. Aunque salvo los dos cerros, estaba por debajo del 0º, el terreno bajo y el mar en su lado Norte facilitaba las aproximaciones de las aeronaves británicas ocultas tras su apantallamiento. Pero nada podían hacer los radaristas al respecto; sí el CIC (Centro de Información y Control), que había colocado en el Low a uno de los puestos de observadores del aire.

Estas imágenes también permiten dar una idea del proceso que debieron realizar los radaristas para determinar el cubrimiento de detección del TPS-43.

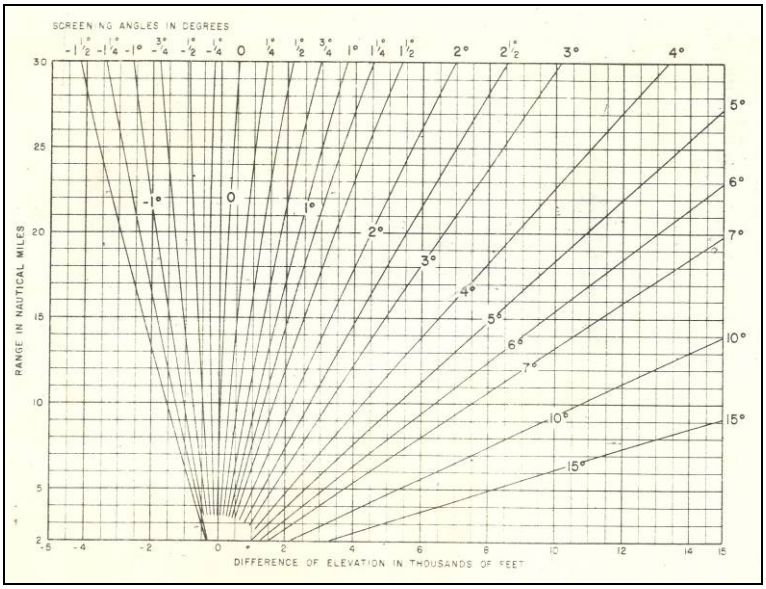
En una primera fase, utilizando el teodolito montado arriba de un Unimog, midieron, para cada grado en los 360º, el ángulo de elevación o depresión que visualizaban. A esta información la confrontaron continuamente con la de las cartas con curvas de nivel y distancias al radar, como la que mostramos en *i240-ubicación cerros* de página 18, para verificar la certeza y precisión de todo lo que estaban midiendo.

Al resultado de esta tarea la volcaron en un gráfico como el que muestra la imagen *i255-perfil apantallamiento*, que serviría como base para el paso siguiente.



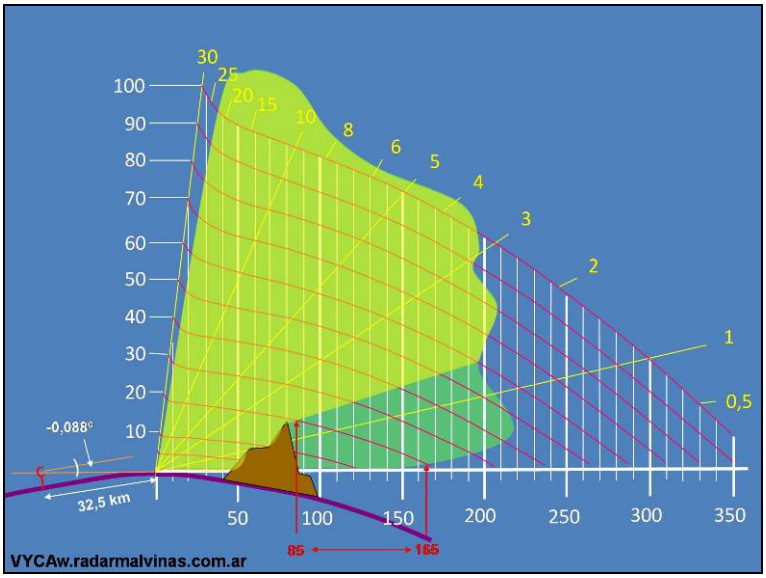
i255-perfil apantallamiento

Teniendo plasmado en este gráfico el ángulo de apantallamiento para cada grado de los 360º, y en el mapa con curvas de nivel la distancia al objeto que lo producía y su correspondiente altura, los radaristas recurrieron a nomogramas como el que muestra la imagen *i256-nomograma*, que les permitieron transformar estos valores de apantallamiento en distancias máximas de detección para una altitud de vuelo dada.



i256-nomograma

La imagen *i257-4/3 apantallamiento*, resulta útil para explicar los factores intervinientes y los cálculos a realizar. No está relacionada con el TPS-43 en Malvinas, es sólo para poder explicar gráficamente los conceptos.



i257-4/3 apantallamiento

En Malvinas, la antena del radar estaba colocada a 55 metros de nivel, con el mar entre los 027º y 232º, quedando la línea de horizonte a aproximadamente 32,5 km del radar.

Estos 55 metros de altura sobre el mar hacían que entre el plano horizontal de 0º en el emplazamiento del radar y ese horizonte, hubiese un ángulo de depresión de -0,088º.

Esto es lo representado en la parte inferior izquierda del gráfico. Aunque no está en escala, muestra esos 32,5 km que el tilt negativo de antena le hacía ganar al radar en su cubrimiento para las diferentes altitudes de vuelo. Este dibujo no se debe relacionar con el lóbulo graficado, ya que es sólo para mostrar el efecto que produce colocar a la antena a una cierta altitud: aleja la iniciación de la cuña esos 32,5 km. Es el mismo efecto que tienen las antenas colocadas en los mástiles de los buques.

El resto del gráfico 4/3 está realizado con NM para las distancias (eje horizontal) y miles de pies para las alturas. Tiene agregado el corte de una montaña, de unos 19.000 pies (5800 m) de altura y ubicada a 80 NM (148 km) del emplazamiento de un radar. Este sería por ejemplo el caso de un radar colocado próximo a la cordillera de los Andes.

La montaña le produce al radar un apantallamiento de 1,5º; que se traduce en una gran pérdida en la distancia de detección máxima para las diferentes alturas de los blancos. El corte del lóbulo en amarillo es lo que el radar detecta debido al apantallamiento de la montaña, y si se le suma la parte en verde, es lo que detectaría si no estuviese la montaña.

Si tomamos la curva de nivel 20 marcada en rojo, que corresponde a los 20.000 pies, vemos que el radar detectaría hasta las 165 NM si no estuviese la montaña, pero debido a ésta, sólo puede detectar a un avión a esa altitud hasta las 85 NM; más allá, este nivel de vuelo queda por detrás de la montaña.

Lo mismo sucede con los 30.000 pies, 190 NM sin montaña, y sólo 120 NM con montaña.

En Malvinas sucedía lo mismo, pero por suerte los ángulos de apantallamiento eran menores.

Volviendo a los radaristas y sus graficaciones del cubrimiento de detección del TPS-43; en el aspecto más crítico, el de la detección de los incursores británicos, tenían dos problemas a resolver: el ataque desde el mar, y el ataque desde los cerros; ambos con los aviones en vuelo rasante.

Ya vimos que para el ataque desde el mar la solución pasó por darle a la antena un tilt que asegurara no dejar espacio entre la parte inferior del lóbulo y el mar.

En cuanto al ataque desde los cerros, si un Harrier decidía atacar Puerto Argentino o el aeropuerto desde esa dirección, tenía dos opciones: volar a una altitud de seguridad, con un cierto margen por encima de los cerros, por ejemplo a 300 metros sobre el nivel del mar, 30 metros más alto que el más alto de los cerros próximos al pueblo; o hacerlo pegado al terreno, siguiendo sus ondulaciones y utilizando los cerros como pantalla para ocultarse, hasta tanto los pasase.

Esto nos da ya dos alturas para las graficaciones de los alcances máximos de detección, una sería la del cubrimiento pegado al terreno y el mar, y otra la de los 300 metros.

El nivel medio de vuelo en *PAC* (Patrulla Aérea de Combate) de los Harrier operando como caza

interceptora fue alrededor de los 6.000 metros (20.000 a 25.000 pies). Esta será otra de las alturas a graficar, la que también coincide con la empleada por nuestros C-130 durante Abril.

También interesa el máximo alcance a nivel de vuelo óptimo de reactores, como nuestros aviones de combate continentales, o el Vulcan, Nimrod y otros; los 12.000 metros.

Y finalmente, graficaremos también los 1.000 metros, ya que nos dará una idea de los alcances respecto a la zona de San Carlos, donde se llevaron a cabo la mayoría de los combates aeronavales entre el 21 y 25 de Mayo.

Recordemos que para la fecha en que trasladaron al radar a las afueras del pueblo, los radaristas todavía no se preocupaban por la detección de buques como prioridad, ya que éstos y todo lo que a ellos concernía, por Doctrina Conjunta y la Resolución 1/69, la Ley de Competencia de las Fuerzas Armadas, eran responsabilidad de Armada.

Utilizando un modelo de computadora actual para cubrimientos, manipulado para que resulte lo más parecido posible a un proceso manual, como los que se hacían para 1982 recurriendo a los nomogramas y fórmulas, hemos realizado los tres gráficos de la página siguiente.

Hemos tomado como fondo imágenes de Googleearth, adecuándolas en escala a los alcances graficados, ya que, aunque la forma que adquiere el cubrimiento es similar para las diferentes altitudes, sus dimensiones varían notablemente, como se puede apreciar por las imágenes de fondo.

Lo mostrado en la imagen *i258-cubrimiento alto*, representa el máximo cubrimiento de detección, es decir la máxima distancia a la que el radar detectaría a un blanco aéreo, equivalente en superficie radar a un avión de combate, volando a 12.000 metros (39.300 pies) y a 6.000 metros (19.600 pies).

Utilizando como referencia el gráfico *i255-perfil apantallamiento*, de página 26, vemos que hacia el mar, con el tilt negativo de -0,1º, a un avión volando a 12.000 m el radar lo detectaba hasta los 425 km, hasta el borde de pantalla.

Si el avión se encontraba a 6.000 m de altitud, la detección máxima era hasta los 314 km, con un pequeño hueco en el azimuth 068º correspondiente a *Mary Hill*, el cerro dentro de la península del aeropuerto. Este hueco de apantallamiento sólo se producía a partir de los 282 km debido a que el Mary Hill sólo rozaba el 0º. Esos 282 km habrían sido el alcance máximo del radar para los 6.000 m si su antena no hubiese sido *tilteada* hacia abajo.

En el resto de los azimuth entre 232º y 027º vemos que ambos cubrimientos presentan una forma de dientes de engranaje. Esta especie de dientes de engranaje se forma por las variaciones del alcance del radar en función del apantallamiento de los cerros y demás elevaciones del terreno.

Si se toma un mapa y para cada grado de azimuth se marca el alcance máximo resultante del ángulo de apantallamiento para ese azimuth, y al finalizar el trabajo se unen secuencialmente todos esos puntos, el contorno que queda es el graficado. Por dentro de él, el radar detecta, por fuera no.

Por ejemplo, el *Sapper Hill*, el cerro que más afectaba al radar, estaba ubicado en los 240º a 2.150 metros, y con una elevación por encima del radar de 61 m producía un apantallamiento de 1,38º, el mayor de los que muestra el gráfico *i255-perfil apantallamiento*. Esto hacía que el radar en ese azimuth 240º, en lugar de detectar a un avión volando a 12.000 m a los 425 km, recién lo hiciera a los 90 km.

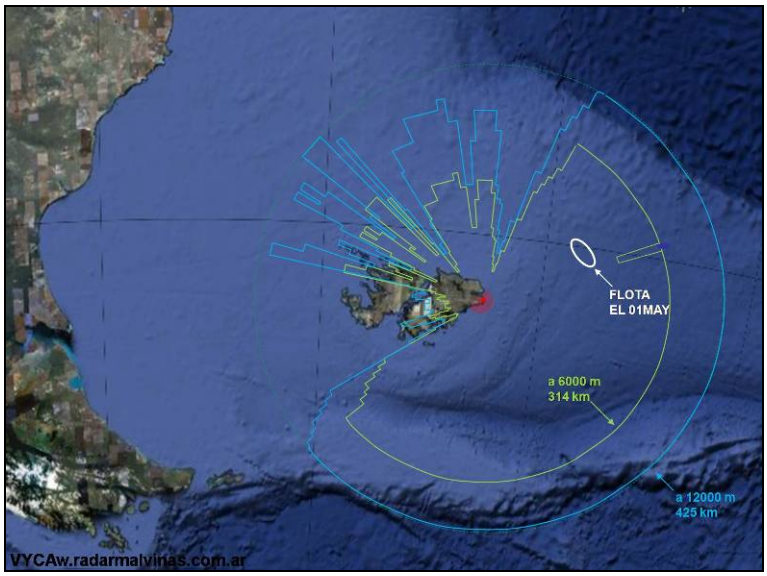
Por contraste, podemos ver en la imagen que el valle entre el *Kent* y el *Longdon*, en los 280º de azimuth, o la suave pendiente entre los 300º y los 310º, que se encontraban casi coincidiendo con el 0º, llegaban casi hasta los 425 km del borde de pantalla.

La segunda de las imágenes, *i259-cubrimiento bajo*, muestra los cubrimientos para 1.000 metros y para 300 metros. A esta le hemos agregado los radiales de azimuth para que el lector pueda ubicarse fácilmente; también hemos marcado los alcances teóricos para un tilt de 0º, sin considerar el apantallamiento de los cerros, y los reales, con el apantallamiento y el tilt de -0,1º.

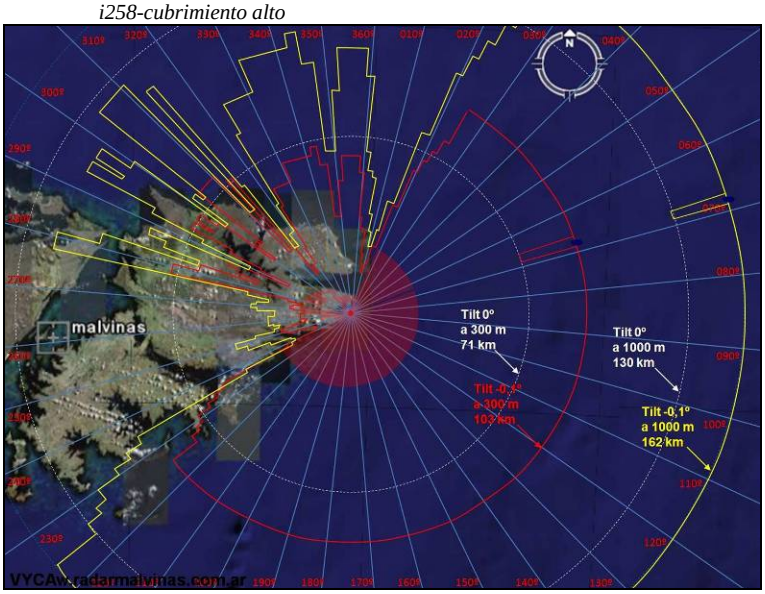
La tercera, *i260-cubrimiento a ras*, difiere de las otras dos, porque muestra la superficie tanto del mar como del terreno en la que el lóbulo del radar se pegaba a ambos; es la zona rojiza, uniforme hacia el mar pero con numerosos huecos sobre la tierra, por ejemplo la parte al Norte del *Twelve o'clok* y el *Low* como mencionamos unas páginas antes. Los anillos de distancia y la marcación de los cerros facilitan la ubicación espacial y dimensional.

A esta zona de cubrimiento a ras la hemos colocado también en las otras dos imágenes, para que sirva como referencia de proporciones para los distintos cubrimientos. Aunque en la *i260-cubrimiento a ras*, se la observa en detalle, en la *i258-cubrimiento alto*, es apenas algo más que un punto.

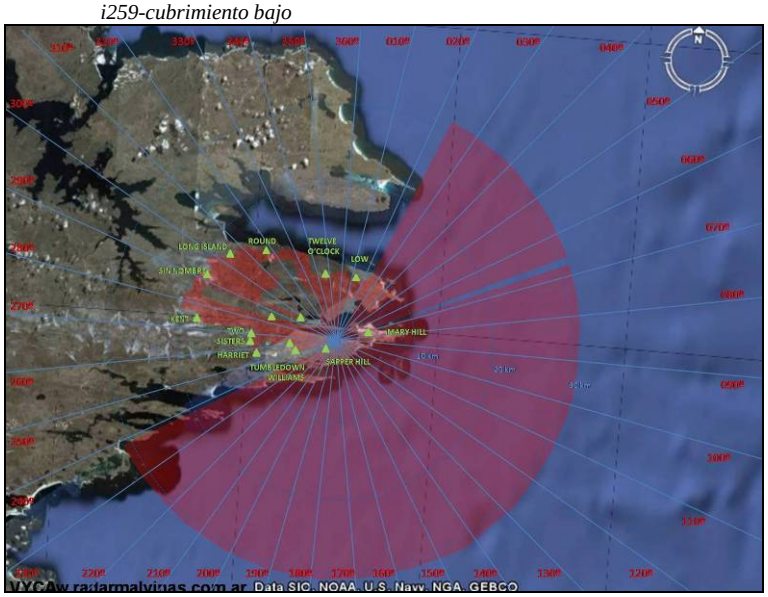
Esta imagen nos muestra también los problemas con los que tuvieron que lidiar los radaristas, ya que por un lado tenían que detectar lo más lejos posible, en el borde de la pantalla, a 425 km, todo lo que volase alto, como el Vulcan, Nimrod o similar; a alturas medias, alrededor de los 6.000 metros, a las PAC de Harrier que estaban en función de caza interceptora para proteger a la flota; y al mismo tiempo evitar que alguno se filtrase volando a ras, dentro de ese punto rojizo, a pocos kilómetros del radar.



i258-cubrimiento alto



i259-cubrimiento bajo



i260-cubrimiento a ras

Estas tres imágenes, y la *i255-perfil apantallamiento* de página 26, de la que son el producto, nos muestran que el cubrimiento era bueno entre los 027º y los 232º ya que no había obstáculos que produjeran apantallamientos; pero se encontraba muy degradado entre los 236º y los 277º, la zona en donde estaban la mayoría de los cerros, los que habían quedado concentrados en un ángulo de azimuth relativamente estrecho respecto al radar si consideramos su cantidad y distribución geográfica.

Como se ve en la *i255-perfil apantallamiento*, esta degradación se debía al *Sapper Hill* en los 240º y sus alrededores, se recuperaba un poco en los 250º, entre el *Sapper Hill* y el *Williams*, para luego incrementarse nuevamente, oscilando entre los 1º y 0,7º de apantallamiento, entre los 255º y 277º.

Es en este sector azimutal de alrededor de 25º en donde quedaron concentrados la mayoría de los cerros, bastante perfilados en forma radial respecto al radar, e incluso ocultos unos por otros, como muestra el mapa de página 18.

A partir del *Kent* hacia el Norte los cerros están más separados azimutalmente entre sí, quedando espacios en donde el cubrimiento mejora; degradándose nuevamente en los 290º donde se encontraba un cerro sin nombre; en los 320º, azimuth del *Long Island;* y en los 012º, donde se encontraba el *Low*, el que al estar en el norte y ser visto de costado degradaba mucho azimutalmente.

El Cubrimiento Obtenido y las Necesidades

Ya tenemos graficado el cubrimiento de detección teórico en el posible emplazamiento, y también describimos las necesidades o tareas que el TPS-43 debería cumplir en la zona de operaciones, ahora debemos confrontarlos para ver si el cubrimiento satisface esas necesidades; que eran:

- La detección de las incursiones aéreas enemigas para alertar a la defensa aérea.
- El guiado de la caza interceptora propia.
- El guiado intermedio de los aviones de ataque propios.
- El control de todo el movimiento aéreo propio.

La primera de estas necesidades, la detección de las incursiones enemigas lo más pronto posible para poder alertar a la defensa aérea, era la prioritaria, y que confrontaremos en primer lugar.

Colocándonos en el rol de los radaristas a principios de Abril de 1982, para el momento de este análisis los objetivos materiales a defender eran los ubicados en Puerto Argentino y el aeropuerto. La artillería antiaérea todavía estaba por llegar; aún no se había previsto la creación de la BAM Condor o la BAN Calderón; tampoco el envío de grandes cantidades de tropa y su distribución en las márgenes del estrecho de San Carlos, en *Bahía Fox*, *Howard* y *Darwin*.

Por supuesto, nada respecto a un posible lugar de desembarco de los británicos que no fuera frente a Puerto Argentino; aún cuando ahora, más de 25 años después, todos dicen: *yo lo sabía y lo dije*.

Esta apreciación de que el desembarco sería frente a Puerto Argentino se siguió manteniendo incluso después del real desembarco en San Carlos, ya que la Conducción de la guerra mantenía la postura de que este desembarco era sólo una maniobra de diversión de los británicos.

Por lo tanto, *objetivos materiales a defender*: Puerto Argentino y sus alrededores.

En cuanto a las *aeronaves enemigas*, ya vimos que la mayoría de ellas serían las embarcadas, y los portaaeronaves se emplazarían lo más al Este posible, a una distancia compatible con la autonomía y alcance del Harrier para operar sobre Malvinas en ataque al suelo; y lo más lejos posible del accionar de los aviones argentinos, sean los de las Islas, sean los del continente.

A estas incursiones enemigas el radar debería detectarlas:

- Lo más lejos posible.
- Lo más bajo posible.
- Procurando que no quedasen huecos entre la parte inferior de su lóbulo y la superficie de la tierra o el mar.
- Procurando que no hubiese elevaciones del terreno, por ejemplo los cerros, que obstruyeran o disminuyeran su campo visual.
- Pero sobre todo, logrando una distancia de detección, que se traduce en tiempo de reacción, suficiente como para que actuasen las armas contra aire.

En cuanto a este último aspecto, la artillería antiaérea que trasladamos a Malvinas, en particular alrededor de Puerto Argentino, donde se emplazó el grueso de esta artillería, consistió en cañones de diverso calibre, con alcances de aproximadamente 3.500 a 4.000 metros; una batería de misiles Roland, con un alcance de 8.000 metros, misiles Seacat que llegaban hasta los 3.000 metros, y hacia finales de Mayo, misiles portátiles SA-7 con un alcance similar.

Sus tiempos promedio de reacción requerían una distancia de detección de entre 15 y 20 km, distancia que satisfacían los radares propios de las baterías: los *Skyguard*, el *Superfledermaus* y el *Roland.*

Para complementar y ampliar el cubrimiento de estos radares Ejército llevó un Cardion TPS-44.

Por supuesto, estaba el TPS-43 del VyCA que estamos analizando, que se encargaría también del guiado de los aviones propios; y Fuerza Aérea llevó además unos radares pequeños, los *Elta*, de apenas 8 km de alcance, pero muy simples para su operación, diseñados para cubrir los huecos que quedasen por debajo de los lóbulos de los radares más grandes, y utilizados por la Red de Observadores del Aire.

Volviendo al TPS-43 y su cubrimiento. Si los incursores británicos se aproximaban a cotas medias (6.000 metros) o altas (12.000 m), la capacidad de detección del radar era óptima hacia el mar, entre los 027º y 232º; y en el resto de los azimuth tenía las limitaciones que antes describimos y que muestra la imagen *i258-cubrimiento alto*, con grandes variaciones en cuanto al cubrimiento, pero que al estar hacia el Oeste y el continente, no afectaría seriamente a la detección de incursores si consideramos los tiempos de reacción de nuestra artillería.

En cuanto a los ataques a baja cota, a 300 metros o menos desde los cerros, o pegados al agua; con la inclinación negativa de -0,1º de la antena se logró que en casi la totalidad de los 360º de azimuth no quedase un espacio libre entre la parte inferior del lóbulo y la superficie del mar o los cerros por donde se pudiesen filtrar los aviones británicos. Esto lo apreciamos en la imagen *i260-cubrimiento a ras*.

El cubrimiento es óptimo hacia el mar, ya que llega hasta los 32 km, excepto por el hueco producido por el cerro *Mary Hill*, ubicado en la península del aeropuerto, que creaba un corredor sin detección al Noreste de la pista.

Esos 32 km significaban alrededor de 100 segundos de preaviso si el ataque británico era al aeropuerto, o de 120 seg si el ataque era al pueblo o sus alrededores.

La situación más crítica se presentaría con los incursores volando a ras del terreno, ya que podrían aprovechar el apantallamiento de los cerros y aparecer de pronto, saltándolos. Si bien la imagen muestra que el lóbulo estaría pegado al terreno en algunos lugares hasta a unos 20 km del radar, también muestra que hay grandes huecos en el medio.

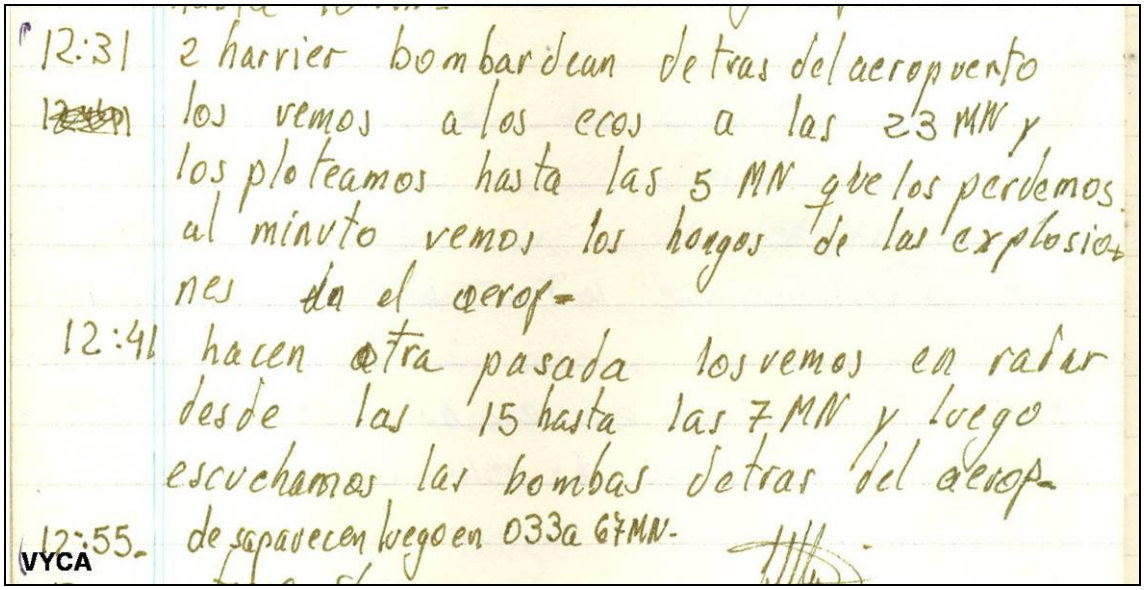
Estos huecos o especie de cavernas entre la parte inferior del lóbulo y el terreno, eran el resultado de pequeñas elevaciones, como el *Wireless Ridge*, que por detrás tenían el mar o espacios de terreno más bajo, como se aprecia en la imagen.

Aunque no afectan a la detección lejana por arriba del 0º, crean corredores que pueden ser utilizados por los incursores, como después veremos.

Los mayores eran producidos por el *Wireless Ridge* y *Cortley Hill* que tenían detrás la penetración del mar y la zona baja del río *Murrell*; y un poco más al norte el cordón de *Murrell Heights* al que pertenecen los cerros *Twelve o'clock* y *Low*, con el mar inmediatamente detrás, y a menos de 10 km.

Salvo si se realizaba por estos lugares específicos, la detección de una incursión desde los cerros daría un tiempo de preaviso de 30 a 80 segundos si el ataque era al pueblo, o de 50 a 100 seg si era al aeropuerto.

Pero había otro pero. Una vez que emplazaron al radar detrás del pesebre de animales y comenzaron con los ajustes de tilt y MTI, aunque éste procesaba bien las señales, en el centro de la pantalla quedaba un círculo de unos 10 a 16 km en donde el empastamiento o clutter producido por los ecos fijos del terreno hacía difícil el seguimiento de los incursores, como leemos en este facsímil.


12:31 2 harrier bombardean detras del aeropuerto
los vemos a los ecos a las 23 MN y
los ploteamos hasta las 5 MN que los perdemos
al minuto vemos los hongos de las explosio-
nes en el aerop-
12:41 hacen otra pasada los vemos en radar
desde las 15 hasta las 7 MN y luego
escuchamos las bombas detras del aerop-
12:55 desaparecen luego en 033a 67MN-
VYCA

f74-ecos fijos

El problema de esos 10 a 16 km de ecos fijos no tendría que haber sido crítico, ya que los radares de adquisición de las armas antiaéreas, como vimos, tenían alrededor de 20 km de alcance, superior a esos 16 km en los que tenía problemas el TPS-43; y por tanto cuando los aviones entraban en la zona de ecos fijos del TPS-43, eran los radares de las armas los que podían continuar siguiéndolos, y pasar su información a todo aquel que la necesitase y al CIC.

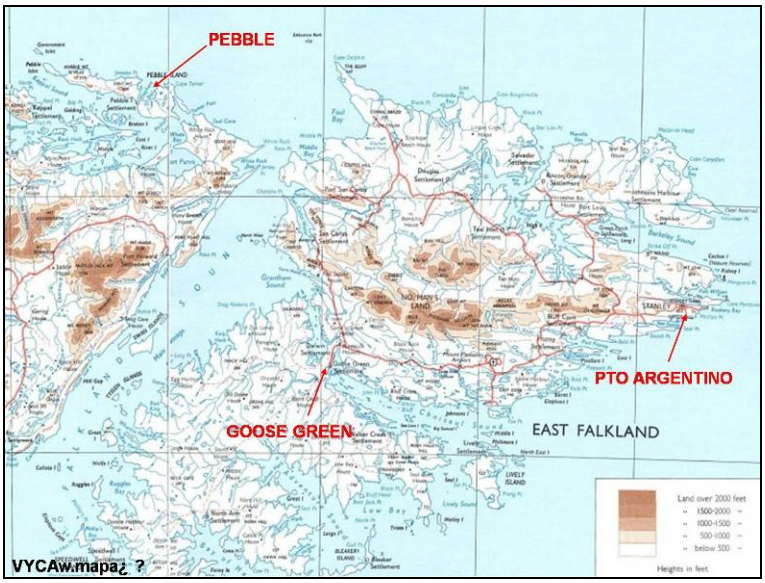
Pero esto no pudo lograrse, porque lo captado por los radares de las armas era usado sólo por las armas a las que servía ese radar. No se logró que esa información fuese compartida por todos los sistemas y el CIC, de forma de darle continuidad al seguimiento de los aviones, desde que eran detectados a la mayor distancia posible usando el TPS-43, hasta que estaban sobre la vertical.

El otro elemento utilizado para paliar las limitaciones de los apantallamientos de los cerros fue la Red de Observadores del Aire (ROA) instalando Puestos de Observadores del Aire (POA) adelantados a los cerros que producían el apantallamiento; algunos equipados con un radar *Elta*, como el del cerro *Low*.

Todo lo que hemos descripto se refiere a los objetivos materiales *Puerto Argentino* y *aeropuerto*. Para cuando después se crearon la BAM Condor en Goose Green y la BAN Calderón en la isla Pebble, y se enviaron regimientos a la zona del estrecho de San Carlos, ya no había medios antiaéreos o radares disponibles en Malvinas, por lo que a estos nuevos objetivos materiales se los dotó con un mínimo de material redistribuido.

Desde el punto de vista detección, sólo *Goose Green – Darwin* contó con el radar de una batería *Skyguard*, con un cubrimiento de 20 km y un radar *Elta* de 8 km, complementados con otra ROA. El resto de los emplazamientos sólo dispuso de ROA.

Al TPS-43 no se le podía buscar otro emplazamiento, pues si se lo desplazaba hacia el interior de la isla Soledad para tratar de cubrir a los otros objetivos materiales, no solo se degradaba completamente su capacidad a baja cota en la zona de Puerto Argentino, sino que los cerros lo afectarían aún más con sus apantallamientos, como se puede deducir de las curvas de nivel de la imagen *i261-cerros*.



i261-cerros

El resultado fue que, aunque el radar está diseñado para trabajar prioritariamente con blancos lo más lejos posible, a esos 425 km en el borde de pantalla, los radaristas debieron ingeniárselas, combinando lo que podían ver en las tres pantallas de la cabina operativa, para tratar de satisfacer todas las necesidades de detección, desde ese máximo a 425 km, hasta la muy corta distancia.

En síntesis, aun cuando el TPS-43 cubría bastante bien la corta distancia sin dejar casi espacio libre entre el lóbulo y la superficie del mar o el terreno, como el peso del trabajo de los operadores estaba concentrado más allá de esos 20 a 30 km, su capacidad de detección debía ser complementada con la alerta que daban los radares de adquisición propios de las armas, *Skyguard*, *Super Fledermaus*, y *Roland*, que con sus 20 km de alcance brindaban una alerta de alrededor de 50 a 80 segundos hasta la vertical de las armas que servían. A esto se agregaba el TPS-44 de Ejército y también la ROA y los radares Elta.

Para el guiado de la caza interceptora propia no existirían problemas, ya que la misma actuaría en altura para el combate aire-aire.

En cuanto al guiado intermedio de los aviones de ataque propios, desde que entraban en el cubrimiento del radar hasta que se los transfería a un Oficial de Control Aéreo Adelantado (OCAA), todo dependía del lugar donde deberían actuar esos aviones.

Si las misiones de ataque se realizaban en la zona de Puerto Argentino y sus alrededores, como lo había concebido la Conducción de la guerra en un principio, no habría habido problemas, lo demostraron las acciones de los días finales, del 11 al 13 de Junio, e incluso el ataque del 08JUN en Bahía Agradable, con el radar haciendo también de OCAA.

Pero cuando el desembarco británico se produjo en San Carlos, nada pudieron hacer los radaristas, ya que las acciones fueron por debajo de su lóbulo de cubrimiento, como se puede apreciar en la imagen *i259-cubrimiento bajo* de página 29. Y como sólo duraron 5 días, cuando la Conducción se convenció que el desembarco era en serio, los buques británicos ya se habían retirado de la zona.

Lo único que los radaristas pudieron hacer fue transmitir en forma continua, propalando tanto en VHF como en HF (dos bandas de frecuencia de comunicaciones), las posiciones y los movimientos de las PAC de Harrier, ya que no veían ni estaban comunicados con los aviones argentinos atacantes. Para paliar esta debilidad, Fuerza Aérea colocó aviones retransmisores en altura (12.000 metros) al Oeste de las islas, para que repitieran a los aviones atacantes lo propalado por el radar.

El control de todo el movimiento aéreo propio también estuvo sujeto al lugar en donde se desarrollara y a su altura de vuelo.

En el título siguiente mostraremos algunos ejemplos utilizando el borrador de operación del radar como fuente documental.

VERIFICACIÓN CON VUELOS REALES

NOTA: Debido a lo extenso del artículo, a partir de este título continúa en el segundo escrito referido como:

CUBRIMIENTO DE DETECCION DEL RADAR MALVINAS – parte 2