



ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE SERVOS DEL RADIOTELESCOPIO DE 30-M EN PICO VELETA, EN EL MARCO DEL PROYECTO ASSSA, COFINANCIADO CON FONDOS FEDER

Pliego de Prescripciones Técnicas

ÍNDICE

1	Documentos Aplicables.....	4
2	Introducción	4
3	Características Técnicas del Proyecto	5
3.1	Árbol de Categorías.....	6
3.2	Requisitos Generales.....	6
3.2.1	Condiciones Generales.....	7
3.2.2	Sistema de Interlock	8
3.2.3	Software de Control	9
3.3	Montura Principal.....	10
3.3.1	Movimiento de Azimut	11
3.3.2	Movimiento de Elevación	13
3.3.3	Stow Pins y Sash Door.....	15
3.3.4	Encoders de Ejes	16
3.3.5	Modelo Dinámico	17
3.4	Espejo Secundario	18
3.4.1	Hexápodo.....	21
3.4.2	Rotación	22



3.4.3	Wobbler	23
3.5	Metrología.....	25
3.5.1	Inclinómetros	26
3.6	Requisitos detallados del software de control	27
3.6.1	General (válidos para todos los sistemas).....	27
3.6.2	Spindles.....	29
3.6.3	Switching (modo de observación)	31
3.6.4	Wobbler/Subreflector.....	32
3.6.5	Motores de los ejes de la antena y secundario.....	35
3.6.6	Monitorización de P4/P5.....	36
3.6.7	Accionamiento de la antena.....	37
3.6.8	Unidades.....	44
3.6.9	Coordenadas	45
3.7	Lista de entregables (hardware).....	45
3.8	Disponibilidad, Mantenimiento y Repuestos	47
3.9	Pruebas y verificación.....	48
4	Plan del Proyecto.....	50
4.1	Desarrollo del proyecto	50
4.2	Fases.....	50
4.3	Plan temporal y desarrollo	51
4.3.1	Plan de entregas	54
4.3.2	Documentación.....	56



4.3.3	Verificación y aseguramiento de la calidad.....	58
4.3.4	Fiabilidad, mantenimiento y seguridad.....	59
5	Instrucciones para el concurso.....	60
5.1	General.....	60
5.2	Propuesta técnica	61
5.3	Otros aspectos: medios personales.....	62
6	Presupuesto.....	63



1 Documentos Aplicables

- [AD-1] Proyecto ASSSA: Memoria Técnico-Económica de la Operación (Anexo)
- [AD-2] Hoja de especificaciones de la montura altacimutal del telescopio de 30m.
ARGE MRT, Krupp-MAN ref. D72.63185-3203 (en alemán)
- [AD-3] 10. Detailspezifikationen, 30m Millimeterwellen Radioteleskop, ARGE MRT, Krupp-MAN, Hauptbaugruppe Spezifikationen, Listen-NR 01110.
- [AD-4] Design parameters and measured performance of the IRAM 30-m Millimeter Radio Telescope, J. Baars et al., IRAM document number 298, proceedings IEEE: "Design and Instrumentation of Antennas for Space Telecommunications and Radio Astronomy". 1993
- [AD-5] Das Design des 30-m-Millimeterwellen-Radioteleskops. P. Brandt and H. Gatzlaff, Tech. Mitt. Krupp- Forsch. Ber. Band 39 (1981) H. 3

2 Introducción

Tal y como se describe en la Memoria Justificativa incluida en este expediente, una de las actuaciones dentro del Proyecto ASSSA es la renovación del actual Sistema de Servos del telescopio IRAM-30m.

Aunque el actual Sistema de Servos funciona satisfactoriamente, hay varios aspectos del mismo que necesitan o es conveniente su renovación. Los principales o más críticos se mencionan a continuación.

- a) Los motores usados para mover la antena están fuera de producción, lo que es un inconveniente de cara a afrontar situaciones de emergencia.
- b) Los servoamplificadores usados con los motores para mover la antena están fuera de producción, con lo que el mismo inconveniente en caso de emergencia.
- c) Los servoamplificadores y motores para mover el hexápodo también están fuera de producción.



- d) Los servoamplificadores para mover el sistema Wobbler se encuentran, igualmente, fuera de producción.
- e) El bus VME de interconexión entre el Sistema de Servos y los ordenadores de control están obsoletos, siendo recomendable el uso de un bus más moderno.
- f) El servo lazo de control para el movimiento de antena es un diseño de hace ya varias décadas, con una latencia de interrupción baja. Es imprescindible un servo lazo de control digital en el que se pueda optimizar el ancho de banda. También se debe usar una latencia de interrupción de mayor frecuencia.

Por las limitaciones que implican los puntos mencionados anteriormente es por lo que se afronta el presente Proyecto de renovación del actual Sistema de Servos. Básicamente el objetivo es doble, subsanar las limitaciones que implican los puntos mencionados anteriormente y mantener la operatividad actual del sistema con iguales prestaciones o mejoradas.

La renovación del hardware y la optimización del lazo de control deberán permitir mejorar las prestaciones de seguimiento del telescopio en condiciones de vientos fuertes, aumentar la velocidad de desplazamiento entre objetos (actualmente limitada a $0.5^\circ/\text{s}$, bastante por debajo de la especificación de $1^\circ/\text{s}$), mejorar la velocidad máxima de seguimiento/mapeado (actualmente limitado a $150''/\text{s}$), implementar nuevos modos de mapeo e incrementar el rango operativo del telescopio.

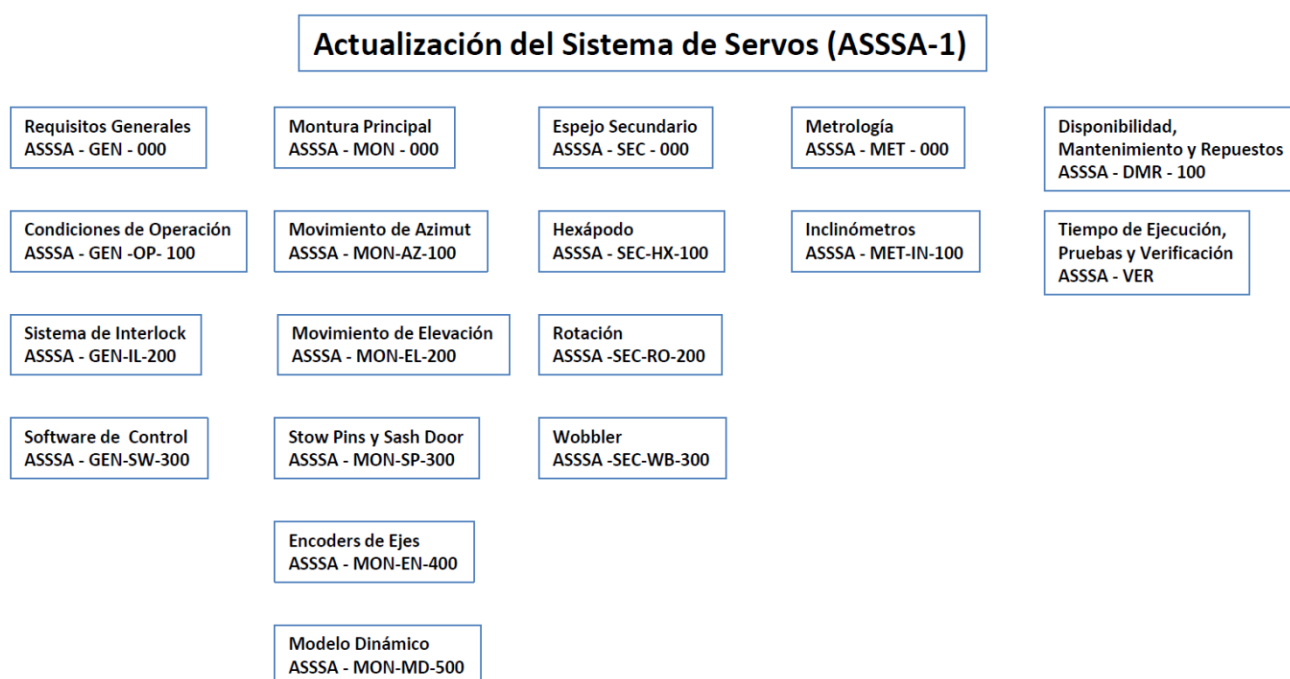
3 Características Técnicas del Proyecto

Se analizan a continuación las distintas áreas que conforman el Sistema de Servos. Las tablas mostradas dan las principales especificaciones técnicas a cumplir. No obstante, otras prestaciones y funcionalidades de menor relevancia que implementa el actual sistema deberán considerarse. Dichas prestaciones y funcionalidades están disponibles en la documentación técnica propiedad de IRAM.



3.1 Árbol de Categorías

El siguiente árbol de categorías divide por columnas las distintas áreas a considerar del Sistema de Servos. La primera columna se refiere a requisitos generales del Sistema. La segunda columna trata de la montura principal. La tercera columna considera el Espejo Secundario también llamado Subreflector o espejo M2. La siguiente columna es relativa a aspectos de metrología del Sistema. Finalmente, la última columna, que se considera en el punto 3, incluye requisitos sobre mantenimiento, tiempo de ejecución, pruebas y verificación a realizar con el Sistema de Servos ya operativo.



3.2 Requisitos Generales

Un primer punto es la operación del Sistema. Dicha operación deberá poder ser tanto local, de forma manual, como en remoto a través de los ordenadores de la Estación. Deberá ser lo más “amigable” posible, facilitando suficiente información técnica para permitir conocer al máximo detalle el estado del Sistema.



El sistema de Interlock es pieza clave en el funcionamiento “armonioso” del Sistema de Servos, dicho sistema garantiza la seguridad y compatibilidad de las operaciones realizadas. Su fiabilidad debe ser, como en el sistema actual, prácticamente del 100%, sin depender de ordenadores que frecuentemente son reiniciados.

El Software de Control aquí considerado podríamos llamarlo de bajo nivel o nivel hardware, ya que permite la interacción y control del hardware del Sistema, a diferencia del software con otros ordenadores de la Estación.

Los requisitos detallados del software de control, incluyendo componentes de bajo y alto nivel se encuentran en la Sección 3.6.

3.2.1 Condiciones Generales

ASSSA-GEN-OP-102	Operación del Sistema de Servos	-Se encargará del movimiento de antena así como de los equipos anexos y auxiliares que garanticen la completa operatividad de la antena como un radiotelescopio de observación astronómica
ASSSA-GEN-OP-104	Movimientos en control manual	-Los ejes principales de antena, Azimut y Elevación, así como el Hexápodo del espejo secundario (Subreflector) deberán poder moverse localmente desde la sala de servos -Se dispondrá en la sala de servos de display visual que muestre los movimientos de Azimut, Elevación y Subreflector
ASSSA-GEN-OP-106	Acceso en control remoto	-Todos los equipos deberán poder ser accesibles a través de control remoto desde los ordenadores conectados a la red del observatorio
ASSSA-GEN-OP-108	Mantenimiento de los equipos del Sistema de Servos	-Se facilitarán las instrucciones en las que se indiquen las actividades a realizar y su periodicidad para el mantenimiento de los equipos del Sistema de Servos
ASSSA-GEN-OP-110	Protección contra interferencias de	-Los equipos instalados susceptibles de producir interferencias de radiofrecuencia



	radiofrecuencia	deberán estar protegidos o alojados en cabinas de forma tal que se garantice la no emisión de interferencias
ASSSA-GEN-OP-112	Funcionalidad del Sistema de Servos de la antena	<p>-Se implementará mínimamente la funcionalidad del actual sistema, aunque no estuviera específicamente descrita en el presente documento</p> <p>-La documentación, esquemas y programas que implementan la funcionalidad actual son propiedad de IRAM y están disponibles para su consulta</p>

3.2.2 Sistema de Interlock

ASSSA-GEN-IL-202	Operación del sistema de Interlock	<p>-El sistema de Interlock consiste en un programa a bajo nivel ejecutado en PLC (Programmable Logic Controller) que garantiza la seguridad de operación de todos los módulos del Sistema de Servos. También la protección humana frente a los movimientos de antena</p> <p>-El nuevo sistema de Interlock reemplazará al actual que se ejecuta en un PLC de Siemens modelo Simatic S7</p>
ASSSA-GEN-IL-204	Capacidad del sistema de Interlock	<p>-Dispondrá, al menos, de</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 256 entradas digitales b) 256 salidas digitales c) 232 bits de memoria intermedia d) 40 temporizadores
ASSSA-GEN-IL-206	Programación del sistema de Interlock	-Se implementarán, como mínimo, las mismas operaciones de supervisión que incorpora el actual sistema de Interlock
ASSSA-GEN-IL-208	Sensores inductivos	-Se reemplazarán los 60 sensores inductivos de estado repartidos a través de la antena, que son fuente de entrada al sistema de Interlock,



		por otros nuevos
ASSSA-GEN-IL-210	Funcionalidad del sistema de Interlock	-El programa que implementa la funcionalidad del actual sistema de Interlock es propiedad de IRAM y está disponible para su consulta

3.2.3 Software de Control

ASSSA-GEN-SW-302	Software de control de ejes principales	-Se implementará el software de control de Azimuth y Elevación de acuerdo a las especificaciones mínimas descritas en ASSSA-MON-AZ y ASSSA-MON-EL
ASSSA-GEN-SW-304	Software de control del Hexápodo	-Se implementará el software de control del Hexápodo de acuerdo a las especificaciones mínimas descritas en ASSSA-SEC-HX
ASSSA-GEN-SW-306	Software de control de la Rotación	-Se implementará el software de control de la Rotación del Subreflector de acuerdo a las especificaciones mínimas descritas en ASSSA-SEC-RO
ASSSA-GEN-SW-308	Software de control del Wobbler	-Se implementará el software de control del Wobbler de acuerdo a las especificaciones mínimas descritas en ASSSA-SEC-WB
ASSSA-GEN-SW-310	Software de Inclínómetros	-Se implementará el software de control de Inclínómetros de acuerdo a las especificaciones mínimas descritas en ASSSA-MET-IN
ASSSA-GEN-SW-312	Software de Comunicaciones	-Se implementará el software de comunicaciones con otros ordenadores del observatorio que permita el control astronómico de la antena - Los requisitos detallados del software de control se encuentran en la Sección 3.6.



3.3 Montura Principal

La montura principal comprende el cuerpo principal del telescopio, cuyo peso total asciende aproximadamente a 800 toneladas. Es una montura altazimutal que cubre el movimiento en elevación de 0° a 90° (movimiento vertical) y de 360° de azimut (movimiento horizontal), más exactamente el movimiento de azimut cubre un rango de 400° , de 60° a 460° , lo que hace posible la observación de objetos celestes circumpolares de forma continua sin necesidad de dar una vuelta completa de antena.

El correcto control del movimiento de azimut y elevación permite hacer el seguimiento (tracking) de los objetos celestes, así como el correcto apuntado de los mismos, es uno de los puntos cruciales a optimizar en cualquier telescopio. Todo ello considerando el gran peso del mismo frente al pequeño haz de recogida de información que se proyecta en el cielo.

Equipos auxiliares como los Stow Pins y la Sash Door, entre otros, también deben ser considerados. Los Stow Pins permiten insertar sendos bulones de seguridad en la estructura de la antena para bloquear su desplazamiento en caso de fuertes vientos (en caso de hacer el bloqueo con los frenos de los engranajes éstos sufrirían un estrés excesivo con el riesgo de rotura de dientes). La Sash Door es una compuerta de seguridad que permite cerrar la parte posterior de la antena para protegerla del mal tiempo, lluvia y nieve.

Los Codificadores (Encoders) son piezas claves en cualquier telescopio para el correcto seguimiento y apuntado de los objetos celestes. Para ello se complementan con el "timing" preciso de reloj que no se considera en esta actuación del Sistema de Servos.

El modelo dinámico de la estructura del telescopio permite conocer las frecuencias propias (eigen frequencies) de la misma, información necesaria previa al diseño óptimo del servo lazo de control.



3.3.1 Movimiento de Azimut

ASSSA-MON-AZ-102	Requisitos del movimiento de Antena en Azimut	-Máxima velocidad angular requerida para Azimut: 1.11 °/s -Máxima aceleración angular requerida: 0.3° /s ² (desmultiplicación de engranaje: antenna =14.166,05:1)
ASSSA-MON-AZ-104	Requisitos de tracking y puntería en Azimut	-Amplitud máxima de tracking: mejor que 1" pico a pico en cualquier condición operativa. -Respuesta a una ráfaga de viento de 0 a 12 m/s: error máximo 4" durante 0,4 s -Elevación máxima de tracking: 88 ° -Apuntado de antena: error máximo 2"
ASSSA-MON-AZ-106	Motores de Azimut	-Se usarán 4 motores compatibles con los nuevos servoamplificadores (los motores actuales son del tipo DC de 10 kW) -Mismo diseño existente de 1 grupo (2 engranajes) con 4 motores acoplados en serie dos a dos en cada engranaje -Se usará el mismo modelo de motor como en Elevación
ASSSA-MON-AZ-108	Compatibilidad mecánica de los motores de Azimut	-Los motores deberán ser compatibles con los engranajes y embragues existentes desde el punto de vista mecánico y con el nuevo sistema de control desde el punto de vista de la automatización.
ASSSA-MON-AZ-110	Requisitos de respuesta mecánica de los motores de Azimut	-Cada motor deberá proporcionar un par máximo de 66.2 Nm -La velocidad máxima del motor será como la actual, de 3500 rpm (aunque la velocidad máxima de Azimut es 2622 rpm)



ASSSA-MON-AZ-112	Sistema de freno existente para el eje de Azimut	-El nuevo sistema de control de ejes deberá controlar el freno existente en cada engranaje (que aplica un par de 160 Nm, desmultiplicación de 10.118,61:1)
ASSSA-MON-AZ-114	OPCIÓN: Sistema de freno incluido en el nuevo motor	-El par del freno deberá ser ajustable para que sea inferior al par máximo del motor
ASSSA-MON-AZ-116	Servoamplificadores de Azimut	-Se instalarán dos nuevos servoamplificadores capaces cada uno de excitar dos motores en serie (los servoamplificadores actuales son del tipo DC de potencia máxima 20 kW)
ASSSA-MON-AZ-118	Finales de carrera de Azimut	-Se instalarán sensores inductivos nuevos que identifiquen: posición de anclaje de seguridad (stow position) y posición de trabajo con la plataforma (change position) -Se revisarán los actuales finales de carrera mecánicos para los límites de trabajo inferior y superior -Se revisarán los actuales finales de carrera mecánicos para los límites de emergencia inferior y superior
ASSSA-MON-AZ-120	Reducción de la velocidad de movimiento de Azimut al mover a posiciones predefinidas	-Al requerir el movimiento a las posiciones predefinidas de Azimut: límite inferior, posición stow, posición change y límite superior, se reducirá automáticamente la velocidad a 1/6 del valor comandado aproximadamente a partir de 3º previo a alcanzar dicha posición
ASSSA-MON-AZ-122	Implementación de sistema anti repiqueteo (anti backlash)	-El torque aplicado por medio de los motores a cada uno de los dos engranajes del grupo de Azimut tendrá un offset para garantizar que en condiciones de tracking el par aplicado a uno sea positivo y al otro negativo



ASSSA-MON-AZ-124	Implementación de compensación de fricción	-Se implementará un escalón en el control del torque de motores para que al pasar por velocidad cero haya continuidad en el movimiento de Azimut
ASSSA-MON-AZ-126	Funcionalidad del movimiento de Azimut de la antena	-Se implementará mínimamente la funcionalidad del actual sistema, aunque no estuviera específicamente descrita en esta tabla -Los esquemas que implementan la funcionalidad actual son propiedad de IRAM y están disponibles para su consulta

3.3.2 Movimiento de Elevación

ASSSA-MON-EL-202	Requisitos del movimiento de Antena en Elevación	-Máxima velocidad angular requerida para Elevación: $0.90^\circ/\text{s}$ -Máxima aceleración angular requerida: $0.2^\circ/\text{s}^2$ (desmultiplicación de engranaje:antenna = 15.728,25:1)
ASSSA-MON-EL-204	Requisitos de tracking y apuntado en Elevación	-Amplitud máxima de tracking: mejor que $1''$ pico a pico en cualquier condición operativa. -Respuesta a una ráfaga de viento de 0 a 12 m/s: error máximo $4''$ durante 0,4 s -Apuntado de antena: error máximo $2''$
ASSSA-MON-EL-206	Motores de Elevación	-Se usarán 4 motores compatibles con los nuevos servoamplificadores (los motores actuales son del tipo DC de 10 kW) -Mismo diseño existente de 2 grupos con 2 motores por grupo -Se usará el mismo modelo de motor como en Azimut



ASSSA-MON-EL-208	Compatibilidad mecánica de los motores de Elevación	-Los motores deberán ser compatibles con los engranajes y embragues existentes desde el punto de vista mecánico y con el nuevo sistema de control desde el punto de vista de la automatización.
ASSSA-MON-EL-210	Requisitos de respuesta mecánica de los motores de Elevación	-Cada motor deberá proporcionar un par máximo de 66.2 Nm. -La velocidad máxima del motor será como la actual de 3500 rpm (aunque la velocidad máxima de Elevación es 2360 rpm)
ASSSA-MON-EL-212	Sistema de freno existente para el eje de Elevación	-El nuevo sistema de control de ejes deberá controlar el freno existente en cada engranaje (que aplica un par de 100 Nm, desmultiplicación de 10.485,5:1)
ASSSA-MON-EL-214	OPCIÓN: Sistema de freno incluido en el nuevo motor.	-El par del freno deberá ser ajustable para que sea inferior al par máximo del motor
ASSSA-MON-EL-216	Servoamplificadores de Elevación	-Se instalarán cuatro nuevos servoamplificadores capaces cada uno de excitar un motor (los servoamplificadores actuales son del tipo DC de potencia máxima 10 kW)
ASSSA-MON-EL-218	Finales de carrera de Elevación	-Se instalarán sensores inductivos nuevos que identifiquen: pre-límite de trabajo inferior, pre-límite de trabajo superior y límite de trabajo (común para las posiciones inferior y superior) -Se revisará el actual final de carrera mecánico común para los límites de emergencia inferior y superior
ASSSA-MON-EL-220	Reducción de la velocidad de movimiento de Elevación al mover a posiciones límite	-Al requerir el movimiento a las posiciones límite inferior o superior se reducirá automáticamente la velocidad a 1/6 del valor comandado una vez alcanzada la posición de pre-límite



ASSSA-MON-EL-222	Implementación de sistema anti repiqueteo (anti backlash)	-El torque aplicado por medio de los motores a cada uno de los dos engranajes de cada grupo de Elevación tendrá un offset para garantizar que en condiciones de tracking el par aplicado a uno sea positivo y al otro negativo
ASSSA-MON-EL-224	Implementación de compensación de fricción	-Se implementará un escalón en el control del torque de motores para que al pasar por velocidad cero haya continuidad en el movimiento de Elevación
ASSSA-MON-EL-226	Funcionalidad del movimiento de Elevación de la antena	-Se implementará mínimamente la funcionalidad del actual sistema, aunque no estuviera específicamente descrita en esta tabla -Los esquemas que implementan la funcionalidad actual son propiedad de IRAM y están disponibles para su consulta

3.3.3 Stow Pins y Sash Door

ASSSA-MON-SP-302	Motor para Stow Pin del eje de Azimut.	-Deberá ser compatible con la mecánica existente en el eje de Azimut (1 unidad) y con el nuevo sistema de control -Tendrá una potencia nominal de 0.55 kW
ASSSA-MON-SP-304	Motores para los Stow Pin del eje de Elevación.	-Deberán ser compatibles con la mecánica existente en el eje de Elevación (2 unidades) y con el nuevo sistema de control. -Tendrán una potencia nominal de 0.55 kW



ASSSA-MON-SP-306	Motor de la Sash Door para el cierre de la parte posterior de la antena	<ul style="list-style-type: none"> -Deberá ser compatible con la mecánica existente para el cerrado de la compuerta posterior de la antena -Tendrá una potencia nominal de 4 kW -Deberá poder ser actuado localmente encima de la sala de receptores, además de en remoto y sala de servos
------------------	---	---

3.3.4 Encoders de Ejes

ASSSA-MON-EN-402	Encoders de posición angular del eje de Azimut (2 unidades)	<ul style="list-style-type: none"> -Se mantendrá el actual encoder incremental ROD-800 de la firma Heidenhain -El nuevo sistema de control deberá ser compatible y asegurar la lectura de este encoder con una resolución 0.009" (como la actual) o mejor -El nuevo sistema de control deberá permitir aplicar COMPENSACIÓN para corregir las irregularidades del encoder
ASSSA-MON-EN-404	Encoders de motores de Azimut	<ul style="list-style-type: none"> -Los motores deberán incorporar encoders o tacómetros que suministren digitalmente la velocidad de los mismos para aplicarla al servo lazo de control
ASSSA-MON-EN-406	Encoders de posición angular del eje de Elevación (2 unidades)	<ul style="list-style-type: none"> -Se mantendrá el actual encoder incremental ROD-800 de la firma Heidenhain -El nuevo sistema de control deberá ser compatible y asegurar la lectura de este encoder con una resolución 0.009" (como la actual) o mejor -El nuevo sistema de control deberá permitir aplicar COMPENSACIÓN para corregir las irregularidades del encoder



ASSSA-MON-EN-408	Encoder de motores de Elevación	-Los motores deberán incorporar encoders o tacómetros que suministren digitalmente la velocidad de los mismos para aplicarla al servo lazo de control
------------------	---------------------------------	---

3.3.5 Modelo Dinámico

ASSSA-MON-MD-502	Resonancias propias de Azimut	-Se harán medidas para determinar las frecuencias propias o frecuencias naturales de resonancia del movimiento en Azimut
ASSSA-MON-MD-504	Servo lazo de control de Azimut. Ancho de banda	-El ancho de banda del servo lazo de control será de 1 Hz, con respuesta plana en el rango 0 Hz a 0,5 Hz e irá decreciendo linealmente en el rango 0,5 Hz a 1 Hz -Este ancho de banda podría ser modificado dependiendo de las resonancias propias obtenidas
ASSSA-MON-MD-506	Servo lazo de control de Azimut. Velocidad de interrupción	-La velocidad de muestreo para el servo lazo de control será mediante interrupción síncrona múltiplo de 128 Hz, con valor mínimo de 512 Hz -El sistema de control suministrará para su monitorización toda la información relativa a Azimut a razón de 128 Hz
ASSSA-MON-MD-508	Resonancias propias de Elevación	-Se harán medidas para determinar las frecuencias propias o frecuencias naturales de resonancia del movimiento en Elevación
ASSSA-MON-MD-510	Servo lazo de control de Elevación. Ancho de banda	-El ancho de banda del servo lazo de control será de 1 Hz, con respuesta plana en el rango 0 Hz a 0,5 Hz e irá decreciendo linealmente en el rango 0,5 Hz a 1 Hz

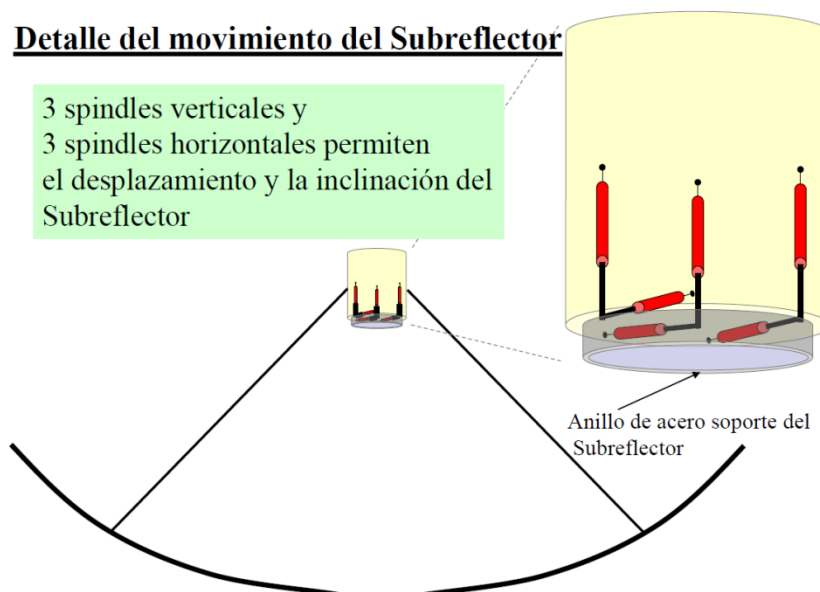


		-Este ancho de banda podría ser modificado dependiendo de las resonancias propias obtenidas
ASSSA-MON-MD-512	Servo lazo de control de Elevación. Velocidad de interrupción	-La velocidad de muestreo para el servo lazo de control será mediante interrupción síncrona múltiplo de 128 Hz, con valor mínimo de 512 Hz -El sistema de control suministrará para su monitorización toda la información relativa a Elevación a razón de 128 Hz

3.4 Espejo Secundario

El Espejo Secundario o Subreflector es un espejo hiperboloide de 2 metros de diámetro anclado a un anillo de acero de soporte. El anillo de acero está fijado a la caja cilíndrica de soporte del foco principal por medio del Hexápodo, compuesto por seis ejes llamados spindles. Cuando la antena está a 90º de Elevación tres spindles quedan en disposición vertical y los otros tres en disposición horizontal. Esta nomenclatura de vertical y horizontal permanece para los spindles aunque la antena se encuentre a otra elevación. La siguiente figura muestra de forma esquematizada la disposición de los seis spindles que conforman el Hexápodo.

Detalle del movimiento del Subreflector



Cada spindle se compone a su vez de tres partes: cuerpo de spindle, harmonic drive y motor eléctrico. El harmonic drive es un reductor del movimiento del motor para el desplazamiento lineal del cuerpo de spindle. Un séptimo motor, igual al de los spindles, permite la rotación del Subreflector sobre el anillo de fijación.

El telescopio IRAM-30m está diseñado de acuerdo al principio de homología. Según dicho principio al mover el telescopio en Elevación la superficie de la parábola flexa, pero la deformación de dicha flexión está diseñada para que sea otra nueva parábola en la que el foco de la parábola se encuentra ligeramente desplazado. El movimiento del Hexápodo es necesario para corregir el posicionado del Subreflector hiperboloide de forma tal que el foco del mismo siempre coincida con el foco de la parábola del espejo primario.

El sistema Wobbler permite el batido o movimiento rápido en un plano del Subreflector de forma tal que en un corto espacio de tiempo apunte alternativamente al objeto celeste y una posición de referencia (ON-OFF), con lo que se pueden anular las perturbaciones de la atmósfera así como de los receptores. Funciona a modo de radiómetro Dicke. A continuación se muestra una foto del Subreflector desmontado. La vista es de la parte posterior del mismo donde se puede apreciar la estructura del mecanismo Wobbler así como la caja de interconexión con el resto del sistema.



MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

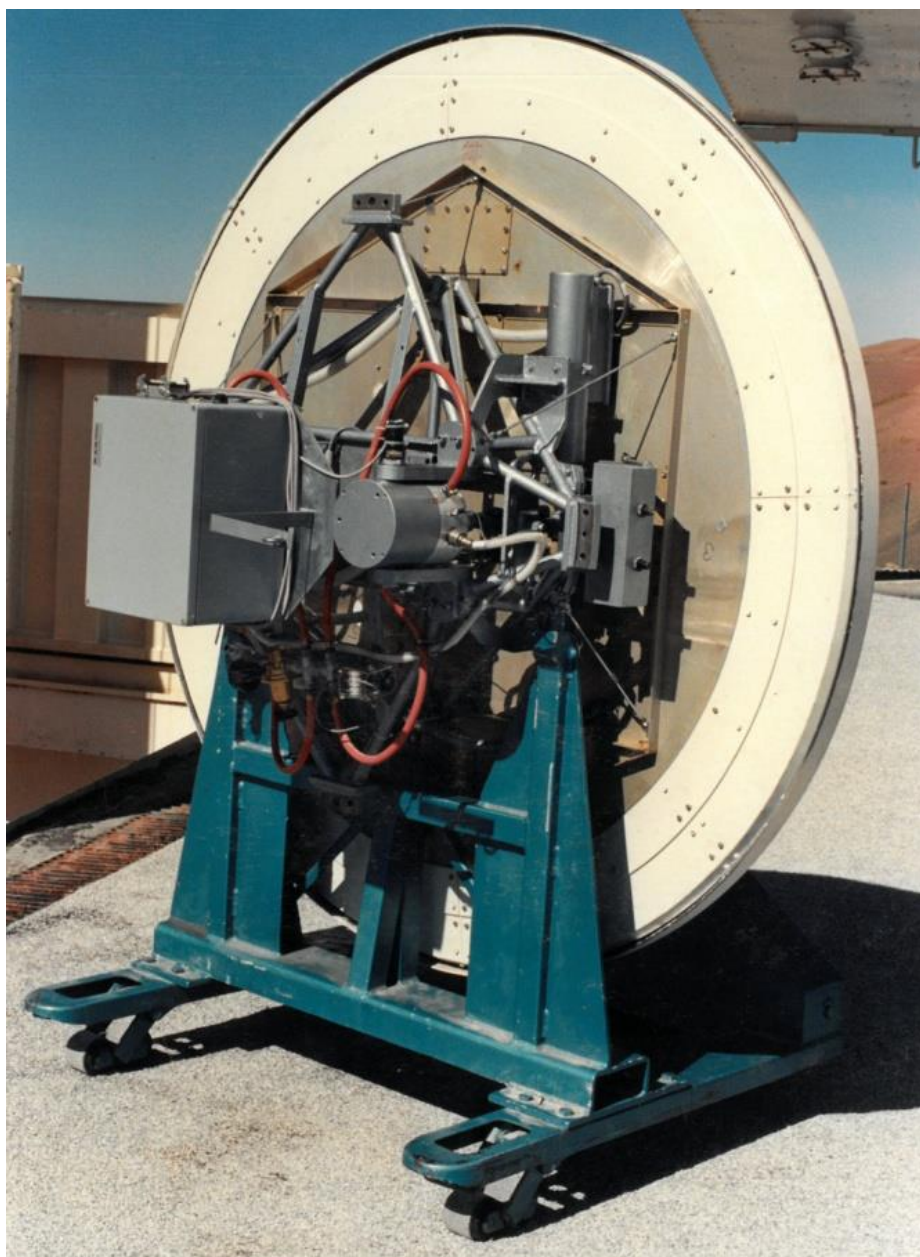


Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"



CENTRO NACIONAL
DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA





3.4.1 Hexápodo

ASSSA-SEC-HX-102	Motores de spindles	-Se reemplazarán los seis motores actuales DC de 0.6 kW (tres de spindles verticales y tres de spindles horizontales) por otros nuevos compatibles con los nuevos servoamplificadores
ASSSA-SEC-HX-104	Harmonic drives de spindles	-Se revisarán los seis harmonic drives de los seis spindles, cambiando el aceite de su interior e instalando un nuevo sellado
ASSSA-SEC-HX-106	Cuerpo de spindles	-Se revisarán los seis cuerpos de spindles cambiando la grasa de su interior e instalando un nuevo sellado
ASSSA-SEC-HX-108	Servoamplificadores de spindles	-Se instalarán seis nuevos servoamplificadores capaces cada uno de excitar un motor de spindle (los servoamplificadores actuales son del tipo DC de potencia máxima 1 kW)
ASSSA-SEC-HX-110	Encoder de spindles	-Se instalarán dos encoders lineales en paralelo por cada spindle similares o mejores que los actuales -El recorrido lineal por encoder será de 125 mm y la linealidad mejor que 0.05 mm -La resolución de lectura será inferior a 4 μ m y la precisión del tracking mejor que ± 10 μ m
ASSSA-SEC-HX-112	Rango y velocidad de desplazamiento	El rango máximo de desplazamiento de spindle será ± 20 mm -La velocidad máxima de desplazamiento de spindle será 5 mm/s
ASSSA-SEC-HX-114	Finales de carrera	-Se instalarán dos finales de carrera nuevos por spindle para limitar su recorrido -Al alcanzar un final de carrera será posible mover en la dirección opuesta
ASSSA-SEC-HX-116	Implementación de la homología	-Se implementará el posicionado automático del Subreflector que optimiza el enfoque para cada Elevación de antena de acuerdo al principio de homología



		-Se usará para ello la tabla de conversión matricial facilitada por IRAM
ASSSA-SEC-HX-118	Funcionalidad del movimiento y control del Hexápodo	-Se implementará mínimamente la funcionalidad del actual sistema, aunque no estuviera específicamente descrita en esta tabla -Los esquemas que implementan la funcionalidad actual son propiedad de IRAM y están disponibles para su consulta

3.4.2 Rotación

ASSSA-SEC-RO-202	Motor de Rotación	-Se reemplazarán el motor actual DC de 0.6 kW por otro nuevo compatibles con el nuevo servoamplificador -El motor será igual a los usados con los spindles
ASSSA-SEC-RO-204	Servoamplificador de Rotación	-Se instalará un nuevo servoamplificador (el servoamplificador actual es del tipo DC de potencia máxima 1 kW) -El servoamplificador será igual a los usados con los spindles
ASSSA-SEC-RO-206	Encoder de Rotación	-Se instalará un encoder de rotación nuevo que reemplace al actual -Será del tipo encoder absoluto -La resolución de lectura será mejor o igual a 3' de rotación del Subreflector
ASSSA-SEC-RO-208	Velocidad de Rotación	-La velocidad máxima de rotación del Subreflector será 10 °/s
ASSSA-SEC-RO-210	Finales de carrera	-Se revisará el actual sistema de final de carrera permitiendo la rotación en el rango -360° a +360°. Se dejará ajustado para el rango -90° a +90° -Al alcanzar un final de carrera será posible



		mover en la dirección opuesta
ASSSA-SEC-RO-212	Funcionalidad del movimiento y control de la Rotación del Subreflector	<p>-Se implementará mínimamente la funcionalidad del actual sistema, aunque no estuviera específicamente descrita en esta tabla</p> <p>-Los esquemas que implementan la funcionalidad actual son propiedad de IRAM y están disponibles para su consulta</p>

3.4.3 Wobbler

ASSSA-SEC-WB-302	Movimiento del Wobbler	<p>-El sistema Wobbler permitirá, como actualmente, el desplazamiento del haz de la antena $\pm 120^\circ$ en un solo plano. Para ello implementará el movimiento Wobbler</p> <p>-El movimiento Wobbler cubrirá, como actualmente, un desplazamiento óptico de $\pm 0.40^\circ$, mecánico de ± 8.80 mm y eléctrico de ± 10 V</p> <p>-La precisión de posicionado del Wobbler será óptica $\pm 20.00''$, mecánica ± 0.12 mm y eléctrica ± 0.14 V o mejor</p>
ASSSA-SEC-WB-304	Desplazamiento y tracking del Wobbler	<p>-Se implementará el desplazamiento y tracking del Wobbler según:</p> <p>a) desplazamiento de batido ON-OFF (depth beat) para grandes distancias</p> <p>b) Tracking de posicionado para el seguimiento en el cielo</p>
ASSSA-SEC-WB-306	Desplazamiento ON-OFF del Wobbler	<p>-El desplazamiento ON-OFF se realizará mediante una fase de máxima aceleración seguida de otra de máximo frenado</p> <p>-El algoritmo será inteligente para ajustar los tiempos de conmutación según los desplazamientos previos</p>



		-Se usará la actual programación u otra de mejores prestaciones
ASSSA-SEC-WB-308	Tracking del Wobbler	-El Tracking de Wobbler mantendrá el Subreflector en la posición demandada -Se usará un servo-lazo tipo PID con una frecuencia de interrupción mínima de 2 kHz -Se usará la actual programación u otra de mejores prestaciones
ASSSA-SEC-WB-310	Servoamplificadores	-Se reemplazarán los dos servoamplificadores actuales por otros dos modelos nuevos que ofrezcan la misma funcionalidad -Los servoamplificadores actuales son del tipo DC y suministran 500 W de potencia máxima con un ancho de banda 0 Hz a 10 kHz -Los servoamplificadores controlarán las bobinas actuadoras (shakers) de desplazamiento del Subreflector
ASSSA-SEC-WB-312	Bobinas actuadoras o shakers	-Se mantendrán los actuales shakers y se reemplazarán todos los sensores de flujo de aire que garantizan la correcta refrigeración de las bobinas
ASSSA-SEC-WB-314	Sensores de posición inductivos	-Se reemplazarán los actuales sensores de posición inductivos de rango ± 25 mm por otros nuevos de prestaciones similares o mejores -El rango a cubrir a cubrir en la operación del Wobbler es de ± 8.80 mm
ASSSA-SEC-WB-316	Mecanismo de bloqueo en posición neutra	-Se implementará el mecanismo de bloqueo para que, en caso de corte de suministro eléctrico, quede en posición neutra o posición cero
ASSSA-SEC-WB-318	Caja de interconexión	-La actual caja de interconexión del mecanismo Wobbler (Steuerbox 1) con el sistema de control será reemplazada por un nuevo diseño de similar o superior funcionalidad con facilidad de acceso a todos sus componentes



		-La actual caja de interconexión está ubicada en la parte posterior del mecanismo Wobbler
ASSSA-SEC-WB-320	Sistema de descongelación del Subreflector	-Se implementará en la caja de interconexión el sistema de control para evitar sobre-temperatura al aplicar descongelación a la superficie del Subreflector. Se usarán para ello los 8 sensores térmicos instalados
ASSSA-SEC-WB-322	Funcionalidad del movimiento y control del Wobbler	-Se implementará mínimamente la funcionalidad del actual sistema, aunque no estuviera específicamente descrita en esta tabla -Los esquemas y programas que implementan la funcionalidad actual son propiedad de IRAM y están disponibles para su consulta

3.5 Metrología

Se incluye en este apartado la descripción del sistema de Inclínómetros que permite monitorizar cuasi en tiempo real las fluctuaciones temporales que presenta el eje de Azimut. Los motivos de estas fluctuaciones son principalmente de tipo térmico provocadas en el pedestal de hormigón de soporte del cojinete de Azimut. Las fluctuaciones del eje de Azimut tienen efecto inmediato en variaciones de la puntería de la antena, de ahí la importancia de monitorizarlas para implementarlas en el modelo de puntería



3.5.1 Inclinómetros

ASSSA-MET-IN-102	Inclinómetros en servicio	-Se mantendrá la instalación de los dos Inclinómetros actuales en el eje de Azimut: a) Inclinómetro Leica modelo Nivel 20 b) Inclinómetro Applied Geomechanics modelo 755-1150
ASSSA-MET-IN-104	Lectura de Inclinómetros	-La lectura de los dos canales de los dos inclinómetros se realizará mediante conversores ADC de 16 bits -Se usarán los desplazamientos en Azimut de 50° o más en SLEW (velocidad rápida) para ajustar señales sinusoidales que determinen la inclinación del eje de Azimut
ASSSA-MET-IN-106	Suministro de los resultados de Inclinómetros	-La inclinación del eje de Azimut se traducirá en determinación de los parámetros P4 y P5 del modelo de puntería que se suministrarán a dicho modelo -Se guardará en ficheros mensuales el historial de los valores suministrados por los inclinómetros
ASSSA-MET-IN-108	Funcionalidad de las lecturas de los Inclinómetros	-Se implementará mínimamente la funcionalidad del actual sistema, aunque no estuviera específicamente descrita en esta tabla -Los programas que implementan la funcionalidad actual son propiedad de IRAM y están disponibles para su consulta



3.6 Requisitos detallados del software de control

3.6.1 General (válidos para todos los sistemas)

Number	Parameter	Description
ASSSA-SW-000	Seguridad del sistema	El sistema debe chequear que cada valor de los parámetros comandados está dentro de un rango determinado y dar un error si no fuera así.
ASSSA-SW-001	Interfaz del sistema	El sistema debe implementar una única interfaz externa basada en el protocolo TCP/IP.
ASSSA-SW-002	Control del sistema	El sistema debe aceptar comandos a través de su interfaz software externa lo que permitirá controlar todos sus subsistemas. Cada comando debe devolver un código de estado indicando si se ejecutó correctamente o el código del error que tenga lugar.
ASSSA-SW-003	Monitorización del sistema	El sistema debe proporcionar información sobre su estado y la susceptible de ser monitorizada, para todos los subsistemas, y a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-004	Alarmas del sistema	El sistema debe generar alarmas, y anunciarlas a través de su interfaz software externa, en el caso de que cualquier parámetro interno se salga de sus rangos de operación.
ASSSA-SW-005	Código fuente	El código fuente de todo el software y sus



		dependencias debe estar siempre disponible para IRAM sin ningún cargo adicional.
ASSSA-SW-006	Posibilidad de compilación y ejecución del código	El código fuente de todo el software debe ser compilable hasta obtener sus ejecutables, siempre debe ser posible hacer esta compilación en los ordenadores de IRAM.
ASSSA-SW-007	Documentación	Todo el software desarrollado debe ser claramente comentado en su código fuente así como documentado, incluyendo su arquitectura interna, sus interfaces externas y el sistema usado para su compilación.
ASSSA-SW-008	Licencias	Todas las licencias necesarias deben ser entregadas a IRAM sin coste y libres de caducidad, incluyendo todas las necesarias para compilar y ejecutar el software en las instalaciones de IRAM.
ASSSA-SW-009	Asistencia	Un mínimo de 10 años de asistencia, en el siguiente día laborable, debe ser incluido contando a partir del final de la puesta en servicio que ya genere datos científicos.



3.6.2 Spindles

Number	Parameter	Description
ASSSA-SW-010	Interfaz del sistema	El sistema del spindle debe proporcionar una única interfaz externa de software para controlar y monitorizar, tal y como se especifica en ASSSA-SW-001, ASSSA-SW-002 y ASSSA-SW-003.
ASSSA-SW-011	Monitorización del Tracking	El sistema debe informar el error de tracking a través de su interfaz software externa cada 10 milisegundos.
ASSSA-SW-012	Alarma del Tracking	El sistema debe enviar una alarma a través de su interfaz software externa si los spindles no están haciendo tracking. La alarma debe saltar con un retardo máximo de 10 milisegundos.
ASSSA-SW-013	Establecer la elevación	El sistema debe permitir establecer la elevación a través de su interfaz software externa. El valor o valores establecidos por el comando deben ser aplicados con un retardo máximo de 10 milisegundos. Por lo tanto, el sistema no debe introducir una latencia mayor de 10 milisegundos.
ASSSA-SW-014	Establecer el foco	El sistema debe permitir establecer el foco en los ejes X, Y y Z a través de su interfaz software externa. Se debe tener la opción de establecer los tres ejes a la vez o de forma individual. El valor o valores establecidos por el comando deben ser aplicados con un retardo máximo de



		10 milisegundos. Por lo tanto, el sistema no debe introducir una latencia mayor de 10 milisegundos.
ASSSA-SW-015	Poner los frenos	El sistema debe permitir poner los frenos y quitarlos a través de su interfaz software externa, ya sea en su eje horizontal, vertical o ambos a la vez. El valor o valores establecidos por el comando deben ser aplicados con un retardo máximo de 10 milisegundos. Por lo tanto, el sistema no debe introducir una latencia mayor de 10 milisegundos.
ASSSA-SW-016	Comienzo/finalización del Tracking	El sistema debe permitir el comienzo o finalización del Tracking a través de su interfaz software externa. El valor o valores establecidos por el comando deben ser aplicados con un retardo máximo de 10 milisegundos. Por lo tanto, el sistema no debe introducir una latencia mayor de 10 milisegundos.
ASSSA-SW-017	Establecer el ángulo de rotación del espejo secundario	El sistema debe permitir establecer el ángulo de rotación del espejo secundario a través de su interfaz software externa. El valor o valores establecidos por el comando deben ser aplicados con un retardo máximo de 10 milisegundos. Por lo tanto, el sistema no debe introducir una latencia mayor de 10 milisegundos.
ASSSA-SW-018	Obtener el estado	El sistema debe informar del estado de todos los subsistemas (incluyendo, pero no solo, la rotación del espejo secundario, los frenos en todos los ejes, el foco en todos los ejes, la elevación, el error de Tracking y si el sistema está haciendo Tracking) a través de su interfaz software externa.



		La información de estado y sus valores deben estar actualizados (teniendo una desactualización máxima de 10 milisegundos).
ASSSA-SW-019	Interfaz con la electrónica	El software debe ser capaz de interactuar con la electrónica actual.
ASSSA-SW-020	Registro de los valores de los codificadores para los spindles	El sistema debe registrar los valores de los codificadores para los spindles cada 30 minutos en un almacenamiento permanente y siempre con marca de tiempo.

3.6.3 Switching (modo de observación)

Number	Parameter	Description
ASSSA-SW-120	Interfaz del sistema	El sistema de switching debe proporcionar una sola interfaz software externa para el control y la monitorización como se especifica en ASSSA-SW-001, ASSSA-SW-002 y ASSSA-SW-003.
ASSSA-SW-121	Obtener el modo de switching	El sistema debe informar del modo actual de switching a través de la interfaz software externa.
ASSSA-SW-122	Establecer el modo de switching de fase	El sistema debe permitir establecer el modo de switching de fase a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-123	Obtener el tiempo de fase	El sistema debe informar del tiempo actual de switching de fase a través de la interfaz



		software externa.
ASSSA-SW-124	Establecer el tiempo de fase	El sistema debe permitir establecer el tiempo por fase cuando se hace el switching, en milisegundos, a través de su interfaz software external.

3.6.4 Wobbler/Subreflector

Number	Parameter	Description
ASSSA-SW-030	Interfaz del sistema	El sistema del wobbler debe proporcionar una única interfaz software externa para el control y la monitorización, como se especifica en ASSSA-SW-001, ASSSA-SW-002 y ASSSA-SW-003.
ASSSA-SW-031	Establecer/obtener estado online/offline del wobbler	El sistema debe permitir tanto establecer como obtener el estado online/offline del wobbler a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-032	Establecer/obtener el tiempo de fase en segundos	El sistema debe permitir tanto establecer como obtener el tiempo de fase del wobbler en segundos a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-03	Establecer/obtener el valor en segundos de arco del recorrido del amplificador del wobbler	El sistema debe permitir tanto establecer como obtener el valor del amplificador del wobbler en segundos de arco.
ASSSA-SW-03	Obtener los recorridos	El sistema debe permitir obtener el número



	totales del wobbler	total de recorridos del wobbler a través de su interfaz software externa, este número podrá ser guardado en un almacenamiento permanente para evitar perder el valor entre sesiones.
ASSSA-SW-03	Registro de los recorridos totales del wobbler	El sistema debe registrar la cantidad total de recorridos cada 30 minutos con una marca de tiempo. Este registro podrá estar también escrito en un almacenamiento permanente.
ASSSA-SW-03	Bloqueo/desbloqueo del subreflector	El sistema debe permitir el bloqueo y desbloqueo del subreflector a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-034	Micro-reinicio	El sistema debe permitir la ejecución de un micro-reinicio a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-035	Reinicio del amplificador	El sistema debe permitir el reinicio del amplificador del wobbler a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-036	Rampa a la posición cero	El sistema debe permitir la emisión de un comando para una rampa a la posición cero a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-037	Rampa y cabeceo con golpe profundo	El sistema debe permitir la emisión de un comando de rampa y cabeceo con golpe profundo a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-038	Rampa hacia el positivo	El sistema debe permitir la emisión de un comando de rampa hacia el positivo a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-039	Rampa hacia el negativo	El sistema debe permitir la emisión de un



		comando de rampa hacia el negativo a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-040	Cabeceo con golpe profundo	El sistema debe permitir la emisión de un comando de cabeceo con golpe profundo a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-041	Cabeceo con seguimiento	El sistema debe permitir la emisión de un comando de cabeceo con seguimiento a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-042	Borrado de alarmas	El sistema debe permitir la puesta a cero de todas las alarmas de cabeceo/subreflector a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-043	Inicio/parada del modo 1	El sistema debe comenzar/parar el modo 1 (definido como: si el cabeceo está en marcha o en un estado indefinido entonces ejecutar la rampa hacia la posición cero; si el tiempo de fase comandado es menor que el tiempo actual de fase entonces establecer primero la amplitud del recorrido; esperar a que el cabeceo llegue al valor especificado) a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-044	Comando de liberación	El sistema debe permitir la emisión de un comando de liberación (definido como desbloquear el cabeceo; micro reinicio; reinicio del amplificador; rampa a la posición cero) a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-045	Comando de bloqueo	El sistema debe permitir la emisión de un comando de bloqueo (definido como reinicio del amplificador; micro reinicio; bloqueo del subreflector) a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-046	Generación del flujo de	Deberá acordarse con IRAM en la fase



	datos	temprana de diseño.
--	-------	---------------------

3.6.5 Motores de los ejes de la antena y secundario

ASSSA-SW-060	Interfaz del sistema	El sistema de control de la antena debe proporcionar una única interfaz software externa para el control y la monitorización, como se especifica en ASSSA-SW-001, ASSSA-SW-002 y ASSSA-SW-003.
ASSSA-SW-061	Inicio/parada de los motores de antena y secundario	El sistema debe permitir la emisión de un comando de inicio/parada para cada uno de los motores de antena y secundario (esto es, az, el y subreflector) a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-062	Obtener el estado de motores de antena secundario	El sistema debe informar sobre el estado de cada motor de antena y secundario (esto es, Az, el y sub) a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-063	Registro de los valores de los codificadores de la antena	El sistema debe registrar los valores de los codificadores de la antena con una marca de tiempo, cada 30 minutos.



3.6.6 Monitorización de P4/P5

ASSSA-SW-080	Interfaz del sistema	El sistema de monitorización del P4/P5 debe proporcionar una única interfaz software externa para el control y la monitorización, como se especifica en ASSSA-SW-001, ASSSA-SW-002 y ASSSA-SW-003.
ASSSA-SW-081	Obtención de la temperatura de la cabina de receptores	El sistema debe permitir la obtención de la temperatura de la cabina de receptores a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-082	Obtención del modelo actual de apuntado	El sistema debe permitir la obtención del modelo actual de apuntado a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-083	Obtención de los parámetros relativos del inclinómetro P 4 y/o P5.	El sistema debe permitir la obtención de los datos actuales relativos del inclinómetro P4 y/o P5 a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-084	Obtención de los parámetros absolutos del inclinómetro P4 y/o P5.	El sistema debe permitir la obtención de los datos actuales absolutos del inclinómetro P4 y/o P5 a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-085	Alarma sobre intervalo/valor no válido de P4 y/o P5.	El sistema debe disparar una alarma si el valor absoluto o el intervalo desde el último valor conocido para P4 y/o P5 está fuera de un rango aceptable.



3.6.7 Accionamiento de la antena

ASSSA-SW-300	Interfaz del sistema	El sistema de accionamiento de la antena debe proporcionar una única interfaz software externa para el control y la monitorización, como se especifica en ASSSA-SW-001, ASSSA-SW-002 y ASSSA-SW-003.
ASSSA-SW-301	Definición de una fuente con respecto a un cuerpo al origen de un sistema descriptivo	El sistema debe permitir la definición de una fuente mediante la especificación del valor del perihelio, la longitud del nodo ascendente, el argumento del perihelio, la inclinación, la distancia del perihelio en UA ⁵ y la excentricidad a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-302	Definición de una fuente con respecto a un planeta al origen de un sistema descriptivo.	El sistema debe permitir la definición de una fuente con respecto a un determinado planeta/objeto del sistema solar a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-303	Definición de una nueva fuente	El sistema debe permitir la definición de una fuente mediante la especificación del nombre de la fuente, la base del sistema, el equinoccio, el año de equinoccio, la longitud de la fuente, la latitud de la fuente, el sistema descriptivo, el primer ángulo para el sistema descriptivo (alfa), el segundo ángulo para el sistema descriptivo (beta), el tercer ángulo para el sistema descriptivo (gamma), la proyección, el primer ángulo para la proyección (lambda), el segundo ángulo para la proyección (beta), el tercer ángulo para la proyección (kappa) a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-304	Establecer/obtener los intervalos a ser aplicados	El sistema debe permitir obtener/establecer el intervalo a ser aplicado a la siguiente fuente



	a la siguiente fuente (no la fuente actual o la activa)	(que tiene que haber sido definida previamente) especificando los valores de x e y del intervalo así como el sistema de coordenadas y proyección en la que el intervalo está definido, a través de su interfaz software externa.
ASSSA-SW-305	Definir seguimiento del sub escaneo	El sistema debe permitir la definición del seguimiento de un nuevo sub escaneo a través de su interfaz software especificando la duración en segundos del seguimiento, el intervalo a lo largo de x, el intervalo a lo largo de y, el sistema de coordenadas y proyección, el indicador de rastro del sub escaneo y el identificador del sub escaneo.
ASSSA-SW-306	Definir el slew (desplazamiento) de un sub escaneo en acimut	El sistema debe permitir la definición del slew de un sub escaneo en azimuth a través de su interfaz software especificando el valor del acimut en la posición de comienzo, el valor del acimut en la posición de finalización, el valor de la elevación, la velocidad en radianes por segundo, el indicador de rastro del sub escaneo y el identificador del sub escaneo.
ASSSA-SW-307	Definir el slew de un sub escaneo en elevación	El sistema debe permitir la definición del slew de un sub escaneo en elevación a través de su interfaz software especificando el valor de elevación en la posición de comienzo, el valor de elevación en la posición de finalización, el valor del acimut, la velocidad en radianes por segundo, el indicador de rastro del sub escaneo y el identificador del sub escaneo.
ASSSA-SW-308	Definir un sub escaneo OTF (On The Fly: sobre la marcha)	El sistema debe permitir la definición de un sub escaneo OTF a través de su interfaz software especificando el tipo de sistema de intervalo y el identificador del sub escaneo.



ASSSA-SW-309	Definir un segmento OTF (On The Fly: sobre la marcha) lineal.	El sistema debe permitir la definición de un segmento OTF lineal a través de su interfaz software especificando el valor de x en la posición de comienzo, el valor de y en la posición de comienzo, el valor de x en la posición de finalización, el valor de y en la posición de finalización, la velocidad de comienzo (en radianes por segundo), la velocidad de finalización, el indicador de rastro del sub escaneo y el identificador del sub escaneo.
ASSSA-SW-310	Definir un segmento OTF (On The Fly: sobre la marcha) circular.	El sistema debe permitir la definición de un segmento OTF circular a través de su interfaz software especificando el valor de x en la posición de comienzo, el valor de y en la posición de comienzo, el valor de x en la posición de finalización, el valor de y en la posición de finalización, el ángulo de giro, la velocidad de comienzo (en radianes por segundo), la velocidad de finalización, el indicador de rastro del sub escaneo y el identificador del sub escaneo.
ASSSA-SW-311	Definir un segmento OTF (On The Fly: sobre la marcha) de curva de Bézier.	El sistema debe permitir la definición de un segmento OTF de curva de Bézier a través de su interfaz software especificando el valor de x en la posición de comienzo, el valor de y en la posición de comienzo, el valor de x en la posición de finalización, el valor de y en la posición de finalización, el valor de x en el punto de control de la posición de comienzo, el valor de y en el punto de control de la posición de finalización, la velocidad de comienzo (en radianes por segundo), la velocidad de finalización, el indicador de rastro del sub escaneo y el identificador del sub escaneo.



ASSSA-SW-312	Definir un segmento OTF (On The Fly: sobre la marcha) de curva a medida.	El sistema debe permitir la definición, almacenamiento y reutilización de segmentos OTF de curva a medida a través de su interfaz software especificando los parámetros de la curva. Algunos ejemplos serían curvas Lissajous, espirales logarítmicas y otras.
ASSSA-SW-313	Petición para preparar el siguiente escaneo (siguiente fuente)	El sistema debe permitir la definición del comienzo de una nueva observación en fecha y hora en notación ISO 8601 a través de su interfaz software. Esta debe incluir como mínimo, la definición de un nuevo escaneo, la inicialización de una lista de sub escaneos, el cambio a una fuente nueva (la cual debe ya estar definida) y el restablecimiento de los tiempos de comienzo y fin de la observación.
ASSSA-SW-314	Petición para comenzar un escaneo	El sistema debe procesar el comando para comenzar un escaneo en una determinada fecha y hora en notación ISO 8601 a través de su interfaz software. Si el escaneo estaba previamente definido, entonces el sistema debe comenzar ese escaneo en la fecha y hora especificada. Si el escaneo no estaba definido, entonces el sistema debe reiniciar el tiempo de comienzo de la observación y disparar una alarma.
ASSSA-SW-315	Petición para parar un escaneo	El sistema debe permitir la petición de parada de un escaneo en una determinada fecha y hora en notación ISO 8601 a través de su interfaz software. El sistema debe eliminar el escaneo especificado en la fecha y hora especificada de la lista interna de escaneos.
ASSSA-SW-316	Petición de interrupción del sub escaneo actual en el momento especificado	El sistema debe permitir a través de su interfaz software, la petición de parada de un escaneo en una determinada hora y fecha ISO 8601 permitiendo no obstante (a la hora y fecha



		especificada) la finalización del sub escaneo que se está ejecutando.
ASSSA-SW-317	Petición de reanudar (o iniciar) un escaneo	El sistema debe permitir la petición de reanudación de un escaneo (si estaba parado) o el comienzo de un nuevo (si no había ninguno parado) en una determinada fecha y hora ISO 8601 a través de interfaz software.
ASSSA-SW-318	Petición de finalización del sub escaneo actual	El sistema debe permitir la petición de finalizar un sub escaneo inmediatamente a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-319	Establecer/obtener la envoltura del acimut	El sistema debe permitir establecer/obtener la envoltura del acimut a través de su interfaz software especificando el tipo de envoltura (baja, alta, más cercana).
ASSSA-SW-320	Establecer/obtener los parámetros de apuntado	El sistema debe permitir establecer/obtener los parámetros de apuntado P1 (error de apuntado cero en el codificador del acimut), P2 (error de colimación en acimut), P3 (error de colimación en los ejes), P4 (inclinación 1), P5 (inclinación 2), P7 (error de apuntado cero en el codificador de la elevación), P8 (término de flexión 1), P9 (término de flexión 2), RXHO (intervalo horizontal del receptor en Nasmyth) y RXVE (intervalo vertical del receptor en Nasmyth) a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-321	Establecer/obtener los parámetros de refracción	El sistema debe permitir establecer/obtener el parámetro de refracción a temperatura ambiente en el observatorio (en grados K), la presión atmosférica en el observatorio (en mB), la humedad relativa en el observatorio (0..1), la longitud de onda efectiva de la fuente (en micrón), a través de su interfaz software.



ASSSA-SW-322	Establecer/obtener el tipo de rastro	El sistema debe permitir establecer/obtener el tipo de rastro en trazos por segundo (potencias de 2 entre 2 y 128 como mínimo), a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-323	Establecer/obtener la elusión al sol y establecer/obtener el radio de elusión al sol	El sistema debe permitir establecer/obtener el modo de elusión al sol y establecer/obtener el radio de elusión al sol en radianes a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-324	Establecer/obtener las coordenadas aparentes, RA y dec, del sol	El sistema debe permitir establecer/obtener las coordenadas aparentes (RA and Dec) del sol, en radios a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-325	Establecer/obtener el círculo de elusión del cénit (p.e. para eludir satélites) y establecer/obtener la distancia de este círculo al cénit astronómico.	El sistema debe permitir establecer/obtener el modo del círculo de elusión del cénit y establecer/obtener la distancia de este círculo al cénit en radianes a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-326	Establecer/obtener los valores de los parámetros iniciales del sistema de control de la antena	El sistema debe permitir establecer/obtener todos los valores de los parámetros iniciales del sistema de control de la antena a través su interfaz software.
ASSSA-SW-327	Establecer/obtener los parámetros de apuntado inicial con un conjunto dado de valores	El sistema debe permitir establecer/obtener los parámetros de apuntado inicial a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-328	Inicializar el modo de observación	El sistema debe permitir inicializar el modo de observación a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-329	Establecer/obtener los parámetros de la antena	El sistema debe permitir establecer/obtener todos los valores de los parámetros de la



		antena a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-330	Establecer/obtener los parámetros del modo de observación	El sistema debe permitir establecer/obtener todos los valores de los parámetros del modo de observación a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-331	Solicitar una posición en el sistema de coordenadas de horizonte	El sistema debe permitir comandar una posición en el sistema de coordenadas de horizonte a través de su interfaz software especificando el acimut y la elevación en grados.
ASSSA-SW-332	Establecer/obtener los valores de un determinado conjunto de parámetros	El sistema debe permitir establecer/obtener el valor de cualquier conjunto de parámetros a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-333	Selección de uno o ambos codificadores incrementales para calcular las posiciones de los ejes, el acimut y la elevación	El sistema debe permitir seleccionar uno o ambos codificadores incrementales para calcular las posiciones de los ejes, acimut y elevación a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-334	Parada de la antena tan rápido como sea posible	El sistema debe permitir enviar un comando para parar la antena tan rápido como sea posible a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-335	Establecer/obtener el modo de seguimiento	El sistema debe permitir establecer/obtener el modo de seguimiento a través de su interfaz software. Los modos disponibles de seguimiento deben incluir al menos Basic y Cascade.
ASSSA-SW-336	Bloqueo/desbloqueo de la antena	El sistema debe permitir el bloqueo y desbloqueo de la antena a través de su interfaz software.



ASSSA-SW-337	Establecer/obtener el modo online/offline de la antena (p.e. para pruebas)	El sistema debe permitir establecer/obtener el modo online/offline de la antena a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-338	Monitorización	El sistema debe permitir generar y propagar una o varias alarmas si cualquiera de sus parámetros está fuera de un rango aceptable, a través de su interfaz software.
ASSSA-SW-339	Desacoplamiento de funciones de alto y bajo nivel	El paquete de software se estructurará de tal forma que las funciones de alto nivel (en particular todas las relacionadas con cálculos astronómicos) y las de bajo nivel (aquellas interactuando con los dispositivos) estén completamente desacopladas. En particular, deberá evitarse que las funciones de alto nivel se ejecuten en los procesadores que controlan los dispositivos, sino que se desplegarán en otros computadores. Sin embargo, el cambio será transparente al Sistema de control del telescopio.

3.6.8 Unidades

ASSSA-SW-400	Ángulos	Todos los ángulos se establecen/obtienen en radianes.
ASSSA-SW-401	Intervalos de tiempo	Todos los intervalos de tiempo deben ser establecidos/obtenidos en milisegundos.
ASSSA-SW-402	Fechas/horas	Todas la fechas/horas deben ser establecidas/obtenidas en formato ISO 8601.



3.6.9 Coordenadas

ASSSA-SW-500	Posiciones de las fuentes y sistemas de coordenadas	El sistema debe permitir la especificación de las posiciones de la fuente y los intervalos (o rangos de) a través de su interfaz software, en diferentes proyecciones y sistemas de coordenadas esféricas como se describe en el capítulo 3.1 del documento de IRAM: "ncs30mAntennaMountDrive.pdf" por A. Perrigouard, version 2.4, Nov. 2005.
--------------	---	--

3.7 Lista de entregables (hardware)

Elemento de hardware	Cantidad	Comentarios
1. Motores de azimut y elevación	8 unidades y 2 repuestos	
2.- Servo-amplificadores de azimut	4 unidades y 1 repuesto	
3.- Servo-amplificadores de elevación	4 unidades y 1 repuesto	
4.- Unidad de rotación del sub-reflector (motor y servo-amplificador)	1 unidad	
5.- Motores de movimiento del hexápodo (spindles)	6 unidades y 2 repuestos	Se asume que los engranajes reductores ("harmonic drives") no se cambiarán sino que únicamente se revisarán.
6.- Amplificadores de los actuadores del wobbler	2 unidades y 1 repuesto	



7.- Codificadores lineales de wobbler	2 unidades y 1 repuesto	En caso de que se reemplacen
8.- Codificadores lineales de los spindles	6/12 unidades y 2 repuestos	En caso de que se reemplacen. Actualmente tenemos 2 codificadores por spindle
9.- Unidad de control de estación (SCU)	1 unidad	
10.- Unidad de control de antena (ACU)	1 unidad	Se considerará 1 unidad de repuesto de cada modelo de CPU utilizada
11.- Unidad de control de hexápodo (HCU)	1 unidad	
12.- Computador de control de seguridad	1 unidad	Probablemente la funcionalidad se integrará en el ACU por lo que no será un elemento individual.
13.- Armarios de electrónica	TBD unidades	
14.- Sensores y actuadores		Codificadores, interruptores. Opcionalmente codificadores principales de los ejes e inclinómetros
15.- Cableado diverso	Según necesidad	
16.- Tubos y alojamientos del cableado	Según necesidad	
17.- Módulos de entrada/salida y dispositivos de red	TBD unidades	
18.- Módulos de entrada/salida del sistema de seguridad	TBD unidades	



3.8 Disponibilidad, Mantenimiento y Repuestos

ASSSA-DMR-102	Disponibilidad de los materiales y equipos usados en la instalación	<p>-Los materiales y equipos usados en este Proyecto deberán tener una disponibilidad mínima para su adquisición en el mercado de 10 años</p> <p>-En caso de fallo de algún material o equipo de forma tal que propiciara su reemplazo durante los 10 años siguientes a la Puesta en Servicio, si no fuera posible su adquisición en el mercado dicho reemplazo correrá por cuenta de la compañía ejecutora del Proyecto</p>
ASSSA-DMR-104	Mantenimiento y periodo de garantía	<p>-Tras la puesta en servicio del nuevo Sistema de Servos se disfrutará de un periodo de garantía mínimo para todos los componentes, hardware y software, de dos años</p> <p>-Cualquier intervención, reparación, reemplazo y mantenimiento durante dos años tras la Puesta en Servicio correrá por cuenta de la compañía ejecutora del Proyecto</p>
ASSSA-DMR-106	Repuestos	<p>-Se suministrarán los siguientes repuestos mínimos que garanticen una respuesta inmediata en caso de averías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 motores como los usados para el movimiento de Azimut y Elevación • 1 servoamplificador como los usados para el movimiento de Azimut • 1 servoamplificador como los usados para el movimiento de Elevación • 2 motores como los usados para el movimiento de spindles y Rotación • 2 servoamplificadores como los usados para el movimiento de spindles y Rotación • 1 servoamplificador como los usados para el movimiento Wobbler • 1 CPU como la usada para los



		<p>movimientos de Azimut, Elevación y Wobbler (en caso de utilizar dos CPUs o más de distinto modelo, entonces un repuesto de cada modelo)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 encoders de spindles en caso de ser diferentes a los usados actualmente • 1 encoder de posición Wobbler en caso de ser diferente a los usados actualmente <p>-Adicionalmente cualquier otro repuesto que la compañía ejecutora del Proyecto considere conveniente</p>
--	--	---

3.9 Pruebas y verificación

La empresa adjudicataria del presente contrato suministrará un sistema completo y funcionando, cumpliendo con las pruebas de aceptación y verificación siguientes.

Pruebas de verificación (FAT indica "Pruebas de Aceptación en Fábrica" y SAT "Pruebas de Aceptación en Sitio")

- Verificación del correcto funcionamiento de cada subsistema supervisando las pruebas necesarias (apoyo o asistencia en la realización/verificación de FAT y el SAT de cada subsistema). Elaboración, o solicitud a las empresas responsables de suministrar los diferentes subsistemas, de informes escritos con los resultados de las pruebas efectuadas.
- Verificación del correcto funcionamiento del radiotelescopio efectuando las pruebas necesarias (SAT del sistema completo).

Puesta en marcha operativa – "Commissioning"

- Para aceptar la puesta en marcha operativa del radiotelescopio y verificar que cumple especificaciones establecidas, el sistema debe ser capaz de realizar como mínimo las siguientes observaciones:



- Observaciones de objetos sidéreos y no sidéreos en los modos de position switching, wobbler switching y frequency switching en todo el rango de elevaciones y frecuencias de conmutación.
 - Observaciones en modo OTF de objetos sidéreos y no sidéreos
 - Cualesquiera otras observaciones acordadas como necesarias en la reunión de kick-off.
- La empresa deberá entregar un informe final analizando las capacidades del radiotelescopio después de la realización de las observaciones anteriores.

Entrenamiento y formación

El contratista proveerá de los necesarios cursos de formación y entrenamiento al personal que designe el CNIG. Estos cursos se llevarán a cabo en las instalaciones del IRAM en Sierra Nevada. Estos cursos versarán sobre el manejo y el mantenimiento del radiotelescopio.



4 Plan del Proyecto

4.1 Desarrollo del proyecto

La dirección del proyecto correrá a cargo del CNIG-IGN que podrá designar cuantos asesores externos estime oportunos. El contratista designará un responsable general del proyecto que servirá de interlocutor ante el personal del CNIG-IGN.

4.2 Fases

El proyecto se organizará en las siguientes fases:

- Fase I: Especificaciones del sistema.
 - Especificaciones detalladas de cada uno de los subsistemas a proporcionar por el contratista.
 - Revisión de las interfaces externas e internas establecidas.
 - Revisión del informe de las especificaciones del sistema (SSR).
- Fase II: Diseño del sistema.
 - Diseño general de cada uno de los subsistemas a proporcionar por el contratista.
 - Establecimiento de las interfaces externas e internas.
 - Revisión del diseño preliminar del sistema (PDR).
 - Revisión crítica del diseño (CDR)
- Fase III: Fabricación de los subsistemas pendientes de adquisición.
 - Diseño detallado del sistema por parte del suministrador.
 - Adquisición
 - Montaje en fábrica.
 - Pruebas de aceptación en fábrica (FAT).
 - Almacenaje hasta la instalación en el radiotelescopio de 30 metros. La empresa se compromete a almacenar cualquiera de los componentes que formarán parte



de la estación en sus instalaciones sin cargo alguno hasta la finalización del contrato.

- Fase IV: Instalación e integración de los nuevos servomecanismos.
 - Transporte desde fábrica hasta el radiotelescopio.
 - Montaje en el radiotelescopio.
 - Integración de todos los subsistemas necesarios.
 - Pruebas de aceptación in situ del sistema completo (SAT).
 - Pruebas de funcionamiento y verificación del radiotelescopio.
- Fase V: Puesta en marcha operativa del radiotelescopio.

4.3 Plan temporal y desarrollo

Durante el primer mes tras la adjudicación del contrato:

- Se realizará una reunión de inicio una vez se adjudique el contrato.
- Se realizará una visita al emplazamiento con el fin de determinar las necesidades previas a la instalación.
- El contratista entregará un informe con las interfaces necesarias.

Durante los seis primeros meses o hasta PDR:

- Se establecen, al menos, dos reuniones generales de diseño y especificaciones del sistema, en persona: SSR (revisión de las especificaciones del sistema) y PDR (revisión del diseño preliminar).
- Se realizarán teleconferencias cada 2-3 semanas.
- La empresa facilitará cada dos meses un informe de progreso durante todo el proyecto.

Durante el resto del proyecto:

- Se establecerá una reunión de revisión crítica del diseño (CDR).



- Se establecerán reuniones presenciales con, al menos, periodicidad trimestral. Estas reuniones se realizarán donde acuerden las dos partes o en el radiotelescopio de 30 metros por defecto.
- La empresa destacará a un ingeniero o ingeniera que actuará como responsable de la empresa durante las fases de instalación y verificación de forma presencial.
- La empresa destacará tantos especialistas como estime necesarios, especialmente para los siguientes hitos:
 1. Instalación de los servomecanismos de azimut, elevación y subreflector (hexápodo y wobbler)
 2. Pruebas de verificación de los subsistemas.

Las empresas proporcionarán en sus ofertas un plan temporal detallado que indicará el orden en el cual se realizarán los trabajos. En este plan se identificarán los hitos y cubrirán el periodo desde la adjudicación del contrato hasta la puesta a punto operativa de la estación.

Para la realización del presente proyecto será preciso la parada de la observación, actividad básica del observatorio. Es por ello que, aparte del coste económico, tendrá también un alto coste de rendimiento. Por todo ello se estima que la parada de operaciones en el telescopio causada por la ejecución del proyecto no deberá ser superior a dos meses.

Por otra parte, los períodos en los que la climatología permite el trabajo con maquinaria en el observatorio están limitados al período que comprende desde aproximadamente el 15 de mayo al 31 de octubre en 2021 y 2022. Se valorará muy positivamente la finalización de los trabajos que requieran maquinaria y la instalación del hardware de los equipos antes del 31 de octubre de 2021. En todo caso, los siguientes plazos máximos son de aplicación:

- 15 de mayo de 2022: fecha límite para disponer de funcionalidad completa en los ejes de azimut y elevación.
- 15 de septiembre de 2022: fecha límite para disponer de funcionalidad completa en el subreflector (hexápodo y wobbler).

Debe tenerse en cuenta que las actividades de instalación de los equipos de este proyecto durante el período de verano 2022 se llevarán en paralelo con actividades de actualización del reflector principal (objeto de otro contrato), por lo que ambas tareas deberán



coordinarse. En ningún caso debe suponer un retraso en los plazos máximos especificados más arriba.

Una vez acabado materialmente el proyecto se realizarán todas las pruebas necesarias para la puesta en servicio que permitan verificar la correcta operación del nuevo Sistema de Servos. El inicio de las pruebas de aceptación no debe ser posterior al 1 de octubre de 2022.

Una vez establecido el plan, el contratista se encargará de mantenerlo y controlarlo, procurando que se cumpla. Cualquier tipo de retraso debe ser comunicado al CNIG y una vez aceptado, actualizarse.

En la tabla siguiente se resume un plan preliminar propuesto, para la estimación de la tabla se toma como inicio orientativo (firma del contrato) el 1 de junio de 2021.

Actividad	2021				2022				2023*			
Actividades en fábrica:												
Hito 1: Reunión de inicio		X										
Definición de los requerimientos del sistema			X									
Diseño preliminar			X									
Hito 2: PDR: Revisión del Diseño Preliminar			X									
Diseño Detallado				X								
Hito 3: CDR (Critical Design Review) : Revisión del Diseño Detallado				X								
Acopio de materiales			X	X	X							
Montaje en fábrica y testeo				X	X							
Hito 5: FAT: Revisión de los Tests en Fábrica					X							
Desarrollo del software de control (bajo nivel)			X	X								
Desarrollo del software de control (alto nivel)					X	X						
Actividades en el Observatorio:												
Transporte del sistema al Observatorio					X	X						
Actividades preparatorias 'on site'					X							
Instalación de los servos de Az/El						X	X					
Instalación de los servos del subreflector (hexápodo y wobbler)						X	X	X				
Hito 6: SAT Tests de aceptación 'on site'								X				
Commissioning *									X			

* Hasta el 31 de marzo de 2023



4.3.1 Plan de entregas

Durante el desarrollo del proyecto la empresa adjudicataria tendrá que realizar las siguientes entregas acorde al Régimen de pagos establecido en el apartado 18 del Cuadro de características del Pliego de Clausulas Administrativas Particulares (PCAP).

- **AÑO 2021:**

1. Informe del diseño preliminar del sistema (PDR)

El informe de PDR debe contener el diseño general de cada uno de los subsistemas a proporcionar por el contratista y de las interfaces externas e internas.

2. Informe del diseño detallado del sistema (CDR).

El informe de CDR debe contener el diseño detallado de cada uno de los subsistemas a proporcionar por el contratista y la descripción detallada de las interfaces externas e internas.

3. Entrega del software de control (bajo nivel) con su informe correspondiente.

- **AÑO 2022:**

4. Entrega del informe correspondiente al FAT (test efectuados en fábrica) de los entregables 1, 2, 3, 9,10, 11 y 12 especificados en el punto 3.7 de este pliego (Lista de Entregables),

Este informe debe contener una memoria descriptiva, una memoria de funcionamiento y planos de detalle.

5. Entrega del informe correspondiente al FAT (test efectuados en fábrica) de los entregables 14, 5, 6, 7 y 8 especificados en el punto 3.7 de este pliego (Lista de Entregables).

6. Entrega del software de control (alto nivel) con su informe correspondiente.



7. Informe de la instalación en el Observatorio de Pico Veleta (SAT) de los servos de azimut y elevación.
 8. Informe de la instalación en el Observatorio de Pico Veleta (SAT) de los servos del subreflector (hexápodo y wobbler)
- **AÑO 2023:**
9. Informe final de la Puesta en marcha del sistema completo y curso de formación.

Todos los informes necesitarán la aprobación de los mismos por parte de los técnicos del CNIG/IGN.

En la siguiente tabla se recoge un resumen de las entregas por anualidades.



Entregas por anualidades		
2021	2022	2023
1. Informe correspondiente al PDR		
2. Informe correspondiente al CDR		
3. Entrega del software de control bajo nivel		
	4. Informe FAT de los entregables 1, 2, 3, 9, 10, 11 y 12. Punto 3.7 del PPT.	
	5. Informe FAT de los entregables 4, 5, 6, 7 y 8. Punto 3.7 del PPT.	
	6. Entrega del software de control (alto nivel)	
	7. Informe SAT de la instalación de los servos de Acimut y elevación	
	8. Informe SAT de la instalación de los servos del subreflector e Informe SAT del sistema completo	
		9. Informe Final de Puesta en marcha operativa y Curso de Formación

4.3.2 Documentación

La empresa adjudicataria proveerá la documentación técnica completa de las mejoras del radiotelescopio consistente en:

- Manual de funcionamiento.
 - Indicará todas las funciones y características del sistema (hardware y software).
- Manual de mantenimiento.
 - Contendrá una guía para el mantenimiento predictivo y preventivo que permita la detección y reparación de fallos y averías.
- Manual de pruebas y aceptación.
 - Se documentarán todas las pruebas realizadas durante el montaje, instalación y puesta en funcionamiento.



- Documentación de montaje e instalación.
 - La empresa adjudicataria se encargará de recopilar y editar todos los documentos técnicos elaborados durante las fases de diseño, montaje, instalación y puesta a punto. Incluyendo los diagramas de bloques necesarios que relacionen los distintos componentes del sistema de servos.
- Manual de seguridad.
 - Se elaborará un manual de seguridad laboral que indique los procedimientos y las normas a seguir para cada uno de los distintos trabajos que se deban realizar propios de su uso y mantenimiento.

Toda la documentación anterior deberá entregarse estructurada y presentada (en español o inglés) en los formatos siguientes:

- Texto impreso en DIN A4: 2 copias
- Dibujos en papel a tamaño completo: 2 copias
- Además, la documentación deberá entregarse en soporte digital en formato que acordará el CNIG-IGN.



4.3.3 Verificación y aseguramiento de la calidad

Salvo especificación en contra, el CNIG requerirá al contratista ser el responsable de la realización de todas las inspecciones y pruebas. El CNIG se reserva el derecho de repetir cualquiera de las inspecciones y pruebas establecidas en estas especificaciones cuando lo considere oportuno para asegurar la fabricación, el montaje y el comportamiento de alta precisión conforme a los requisitos descritos.

Si debido a razones más allá del contrato alguno de los subsistemas no pudiera ser transportados e instalados en el radiotelescopio tras su fabricación y FAT, el contratista los almacenará durante el tiempo necesario sin coste adicional.

En las ofertas se debe incluir una matriz de verificación donde se especifiquen las pruebas a realizar para la aceptación del sistema de servomecanismos. Todos los requerimientos incluidos en este pliego deben quedar incluidos en esta matriz. Para cada una de las pruebas se propondrán uno o varios métodos de chequeo: mediante planos, simulaciones o pruebas in situ. La matriz de verificación debe determinar las fechas o fases del proyecto durante las cuales deben efectuarse las pruebas.

Una vez adjudicado el contrato, la matriz puede ser actualizada a petición del CNIG o del contratista, incluyendo nuevas pruebas.

Antes de iniciar las pruebas, el contratista debe desarrollar por escrito un procedimiento para cada una de ellas. Este procedimiento definirá la ejecución exacta de éstas y los resultados esperados. Durante la puesta en práctica de los procedimientos se incluirán todas las anotaciones y comentarios relevantes. El CNIG debe ser advertido con la suficiente antelación para la supervisión de la ejecución de cualquier procedimiento.



4.3.4 Fiabilidad, mantenimiento y seguridad

Se requiere una alta disponibilidad del radiotelescopio, 24 horas, 7 días a la semana, salvo condiciones ambientales adversas. Por ello el contratista debe incluir las redundancias necesarias para asegurar alta fiabilidad. Para conseguir este fin, se realizará un análisis detallado de disponibilidad basado en la lista de entregables y en los estándares.

Para asegurar la alta disponibilidad requerida se debe establecer un plan de mantenimiento, el cual debe incluir un plan de asistencia técnica por parte del contratista, así como una previsión de repuestos. Se debe garantizar este mantenimiento aplicando los siguientes criterios:

- Selección de componentes probados y con interfaces estándar.
- Intercambiabilidad de componentes para minimizar tiempos de reparación.
- Lista de repuestos.
- Definición y elaboración de los procedimientos de mantenimiento. Estos deben ser mínimos.
- Posibilidad de contratos de mantenimiento.

Asimismo, la empresa adjudicataria deberá elaborar los procedimientos para la realización de un mantenimiento preventivo periódico y de puesta a punto periódico.

La empresa será responsable de establecer los protocolos y medidas de seguridad necesarios tanto para las personas como para los medios y los componentes. Antes de iniciar el transporte al emplazamiento, el contratista deberá suministrar un plan de seguridad en el caso de subsistema críticos que lo necesiten, este plan deberá ser aprobado por el CNIG-IGN.



5 Instrucciones para el concurso

5.1 General

Este documento contiene las prescripciones técnicas necesarias para la elaboración de una propuesta técnica y económica para la mejora del radiotelescopio de 30 metros del IRAM en Sierra Nevada (Granada).

El suministro y construcción debe estar de acuerdo con:

- Los requisitos legales, especialmente los relacionados con las regulaciones de seguridad laboral.
- Las regulaciones generales de las construcciones de ingeniería.
- Un sistema de aseguramiento de calidad estándar, por ejemplo el ISO 9001.

Los documentos aplicables estarán disponibles a los ofertantes previa solicitud al CNIG. Existirá la posibilidad de presentar cuestiones sobre el concurso. Las empresas ofertantes deberán hacerlo oficialmente al CNIG, que se reservará el derecho a distribuir las entre todas las empresas ofertantes.

Todas las consultas sobre este expediente deben dirigirse a una de las siguientes personas (en horario laboral, si fuese telefónicamente):

- Rafael Bachiller, astrónomo y director del Observatorio Astronómico Nacional (OAN, IGN, CNIG). Real Observatorio de Madrid, Calle Alfonso XII, 3. 28014 Madrid. Tfno.: 91.2653403
- Mario Tafalla, astrónomo del Observatorio Astronómico Nacional (OAN, IGN, CNIG). Real Observatorio de Madrid, Calle Alfonso XII, 3. 28014 Madrid. Tfno.: 91.7929457



5.2 Propuesta técnica

Con el fin de acreditar los puntos indicados en el presente pliego, las empresas licitadoras deberán incluir en sus ofertas un estudio técnico detallado de los trabajos a ejecutar y de cada una de sus partes. La propuesta técnica debe ceñirse a la siguiente lista y seguir la estructura siguiente:

- 1 Descripción general del proyecto.
 - 1.1 Diseño general de los nuevos servomecanismos.
 - 1.2 Fabricación y pruebas de aceptación en fábrica (FAT).
 - 1.3 Almacenamiento y transporte.
 - 1.4 Instalación y pruebas de aceptación in situ (SAT).
 - 1.5 Puesta en funcionamiento y verificación.
- 2 Análisis crítico de las especificaciones indicadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas junto con un informe de mejoras sobre las especificaciones básicas propuestas si las hubiera.
- 3
- 4 Plan de desarrollo y plan temporal.
- 5 Lista de entregables.
- 6 Matriz de verificación.
- 7 Plan de mantenimiento.

Serán excluidas las empresas que no incluyan en sus ofertas técnicas los siguientes puntos:

- Descripción general del proyecto.
- Plan de desarrollo y temporal.

No serán valorados los aspectos que no sean incluidos en los apartados correspondientes.

Como mínimo, en la documentación técnica presentada, las empresas licitadoras deberán demostrar:

- Completa comprensión teórica del funcionamiento y comportamiento de cada una de las partes que constituyen mejora, así como del radiotelescopio en su conjunto.



- Capacidad para determinar las repercusiones que puede tener sobre el sistema el no cumplimiento de las capacidades o especificaciones exigidas.

5.3 Otros aspectos: medios personales

Para la ejecución de los trabajos que son objeto de este expediente, la empresa adjudicataria dispondrá del personal con la sobrada experiencia, propio o ajeno, que estime necesario.

Asimismo, la empresa adjudicataria designará a un responsable ante el CNIG-IGN con experiencia demostrada, a quién corresponderá las funciones de dirección, planificación y coordinación de los trabajos y actuará a su vez como representante de la empresa adjudicataria y máximo interlocutor técnico válido ante CNIG-IGN. Este responsable deberá estar disponible mediante teléfono o email durante la jornada laboral establecida.

El personal del adjudicatario no tendrá ninguna vinculación laboral con el CNIG-IGN, ni con IRAM, ya que dependerá única y exclusivamente del adjudicatario, quien tendrá todos los derechos y obligaciones inherentes en su calidad de empresa con arreglo a la legislación laboral y social vigente y a la que en lo sucesivo se promulgue.

En ningún caso será responsabilidad del CNIG-IGN, ni del IRAM, las quejas u otras obligaciones nacidas entre el adjudicatario y su personal, incluso cuando estas sean consecuencia directa o indirecta del cumplimiento o interpretación del contrato objeto de este Pliego.

Será por cuenta del adjudicatario el desplazamiento de todo el personal necesario para la realización del presente contrato.



6 Presupuesto

El presupuesto para la realización de este expediente de ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE SERVOS DEL RADIOTELESCOPIO DE 30-M EN PICO VELETA, EN EL MARCO DEL PROYECTO ASSSA se desglosa de la manera siguiente:

Concepto	Importe (€)	
CAP 1: Diseño del sistema	192.200,00	
CAP2: Desarrollo del software bajo nivel	78.500,00	
CAP 3: Desarrollo del software alto nivel	78.500,00	
CAP4: Fabricación de los servomecanismos de acimut y elevación	440.000,00	
CAP 5: Fabricación del servomecanismo del subreflector (hexápodo y wobbler)	292.700,00	
CAP 6: Instalación de los servomecanismos de acimut y elevación	79.000,00	
CAP 7: Instalación de los servomecanismos del subreflector	79.000,00	
CAP 8: Puesta en marcha	96.100,00	
Importe total de ejecución material		1.336.000,00
13 % Gastos generales	173.680,00	
6 % Beneficio industrial	80.160,00	
Suma con Gastos generales y Beneficio industrial		1.589.840,00
21 % IVA	333.866,40	
PRESUPUESTO GLOBAL CONTRACTUAL		1.923.706,40



Así pues, el presupuesto total asciende a UN MILLON NOVECIENTOS VENTITRÉS MIL TETECIENTOS SEIS euros Y CUARENTA céntimos (1.923.706,40 €), incluyendo todos los impuestos aplicables.

Estimación de costes laborales

Para la elaboración de este presupuesto, se ha realizado un cálculo de los costes estimados laborales. Para ello, según el art. 102.3, se ha considerado el convenio colectivo sectorial. Por lo tanto, este contrato quedaría acogido al "Convenio colectivo nacional de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos" del cual tenemos constancia que su última modificación está publicada en el BOE de 18/10/2019:

<https://www.boe.es/boe/dias/2019/01/18/pdfs/BOE-A-2019-14977.pdf>.

Así el coste anual (14 pagas) se establece en 26.323,57 € por licenciado y/o titulado incluyendo plus anual según artículo 38 del convenio. Debido a los gastos sociales, esta cantidad es preciso incrementarla por un porcentaje 32,6 %.

A los costes salariales se añaden los costes contemplados en el art. 37 sobre dietas y desplazamientos: 30 euros diarios durante los primeros 20 días (ya que el Observatorio de Pico Veleta proporcionará el alojamiento), 10 euros en conceptos de comida y otros 10 euros en concepto de cena; esto es, 50 euros en total por día.

También se consideran unos gastos de transporte de 1.200 € para cada desplazamiento individual. Esta cantidad corresponde al precio medio de un vuelo de ida y vuelta a Granada desde una ciudad de Europa más los gastos de taxi o vehículo alquilado que, en particular, resultan imprescindibles para ascender al Observatorio de Pico Veleta desde la ciudad de Granada, por carretera de alta montaña, ya que no hay transporte público.

A continuación, se detallan las estimaciones de coste para cada uno de los capítulos del Presupuesto, tanto en concepto de personal como de materiales.

CAP1.-DISEÑO DEL SISTEMA

Teniendo en cuenta el cuadro 3.2 de este pliego, para diseñar el sistema se ha estimado la necesidad de 9 titulados superiores durante 6 meses. Por tanto, el importe total por gastos de personal ascendería a 118.400 €. Esta cantidad es necesario incrementarla con un 32,6% de gastos sociales, lo que supone un total de aproximadamente 157.000 €.

También se ha estimado la necesidad de que la empresa lleve a cabo desplazamientos al radiotelescopio para efectuar pruebas y montajes. La estimación es aproximadamente de



4 viajes de cuatro personas de 20 días cada uno. Esto supone una cantidad de (4x4x20x50 €) 16.000 € en dietas. Además, el importe unitario de cada desplazamiento se estima en 1.200,00 €. Por lo tanto, el presupuesto total estimado para desplazamientos asciende a (4x4x1.200 €) 19.200 €.

Así pues, los gastos incluyendo personal y desplazamientos ascienden a **192.200 €**

Finalmente, hay que sumar a esta cantidad los gastos generales y de beneficio industrial (19%).

CAP2.-DESARROLLO DEL SOFTWARE DE BAJO NIVEL

Teniendo en cuenta el cuadro 3.2 de este pliego, para este desarrollo se ha estimado la necesidad de 4 titulados superiores durante 6 meses. Por tanto, el importe total por gastos de personal ascendería a 52.600 €. Esta cantidad es necesario incrementarla con un 32,6% de gastos sociales, lo que supone un total de aproximadamente 69.700 €.

También se ha estimado la necesidad de que la empresa lleve a cabo desplazamientos al radiotelescopio para efectuar pruebas. La estimación es aproximadamente de 2 viajes de 2 personas de 20 días cada uno. Esto supone una cantidad de (2x2x20x50 €) 4.000 € en dietas. Además, el importe unitario de cada desplazamiento se estima en 1.200,00 €. Por lo tanto, el presupuesto total estimado para desplazamientos asciende a (2x2x1.200 €) 4.800 €.

Así pues, los gastos incluyendo personal y desplazamientos ascienden a **78.500 €**.

Finalmente, hay que sumar a esta cantidad los gastos generales y de beneficio industrial (19%).

CAP3.-DESARROLLO DEL SOFTWARE DE ALTO NIVEL

Teniendo en cuenta el cuadro 3.2 de este pliego, para este desarrollo del software de alto nivel se ha estimado la necesidad de 4 titulados superiores durante 6 meses. Por tanto, el importe total por gastos de personal ascendería a 52.600 €. Esta cantidad es necesario incrementarla con un 32,6% de gastos sociales, lo que supone un total de aproximadamente 69.700 €.

También se ha estimado la necesidad de que la empresa lleve a cabo desplazamientos al radiotelescopio para efectuar pruebas. La estimación es aproximadamente de 2 viajes de 2 personas de 20 días cada uno. Esto supone una cantidad de (2x2x20x50 €) 4.000 € en dietas.



Además, el importe unitario de cada desplazamiento se estima en 1.200,00 €. Por lo tanto, el presupuesto total estimado para desplazamientos asciende a (2x2x1.200 €) 4.800 €.

Así pues, los gastos incluyendo personal y desplazamientos ascienden a **78.500 €**.

Finalmente, hay que sumar a esta cantidad los gastos generales y de beneficio industrial (19%).

CAP 4.- FABRICACION DE LOS SERVOMECANISMOS DE ACIMUT Y ELEVACION

Se ha tenido en cuenta lo establecido, a este respecto, en los apartados 2, 7 y 10 del artículo 101 de la LCSP.

El coste de este capítulo se ha estimado a tanto alzado a partir de presupuestos proporcionados por otros radiotelescopios para cada uno de los subsistemas consultados y tras la realización de un estudio de mercado de empresas suministradoras. Se estima así un presupuesto total para este capítulo de **440.000 €**

Hay que sumar a esta cantidad los gastos generales y de beneficio industrial (19%).

CAP 5.- FABRICACION DE LOS SERVOMECANISMOS DEL SUBREFLECTOR

Se ha tenido en cuenta lo establecido, a este respecto, en los apartados 2, 7 y 10 del artículo 101 de la LCSP.

El coste de este capítulo se ha estimado a tanto alzado a partir de presupuestos proporcionados por otros radiotelescopios para cada uno de los subsistemas consultados y tras la realización de un estudio de mercado de empresas suministradoras. Se estima así un presupuesto total para este capítulo de **292.700 €**

Hay que sumar a esta cantidad los gastos generales y de beneficio industrial (19%).

CAP6.-INSTALACION DE LOS SERVOMECANISMOS DE ACIMUT Y ELEVACION

Teniendo en cuenta el cuadro 3.2 de este pliego, para este capítulo se ha estimado la necesidad de 3 titulados superiores durante 3 meses. Por tanto, el importe total por gastos de personal ascendería a 19.740 €. Esta cantidad es necesario incrementarla con un 32,6% de gastos sociales, lo que supone un total de aproximadamente 26.200 €



También se ha estimado la necesidad de que la empresa lleve a cabo desplazamientos al radiotelescopio para efectuar pruebas. La estimación es aproximadamente de 3 viajes de 3 personas de 20 días cada uno. Esto supone una cantidad de (3x3x20x50 €) 9.000 € en dietas. Además, el importe unitario de cada desplazamiento se estima en 1.200,00 €. Por lo tanto, el presupuesto total estimado para desplazamientos asciende a (3x3x1.200 €) 10.800 €.

Así pues, los gastos incluyendo personal y desplazamientos ascienden a 46.000 €

También será necesario el alquiler de grúas y útiles para desmontaje de elementos de gran tonelaje. El coste de esta partida, 33.000 €, se ha estimado a tanto alzado a partir de presupuestos proporcionados por otros radiotelescopios para cada uno de los subsistemas consultados y tras la realización de un estudio de mercado de empresas suministradoras. Con lo que el importe de este capítulo asciende a **79.000 €**.

Hay que sumar a estas cantidades los gastos generales y de beneficio industrial (19%).

CAP7.-INSTALACION DE LOS SERVOMECANISMOS DEL SUBREFLECTOR

Teniendo en cuenta el cuadro 3.2 de este pliego, para este capítulo se ha estimado la necesidad de 3 titulados superiores durante 3 meses. Por tanto, el importe total por gastos de personal ascendería a 19.740 €. Esta cantidad es necesario incrementarla con un 32,6% de gastos sociales, lo que supone un total de aproximadamente 26.200 €.

También se ha estimado la necesidad de que la empresa lleve a cabo desplazamientos al radiotelescopio para efectuar pruebas. La estimación es aproximadamente de 3 viajes de 3 personas de 20 días cada uno. Esto supone una cantidad de (3x3x20x50 €) 9.000 € en dietas. Además, el importe unitario de cada desplazamiento se estima en 1.200,00 €. Por lo tanto, el presupuesto total estimado para desplazamientos asciende a (3x3x1.200 €) 10.800 €.

Así pues, los gastos incluyendo personal y desplazamientos ascienden a 46.000 €.

También será necesario el alquiler de grúas y útiles para desmontaje de elementos de gran tonelaje. El coste de esta partida, 33.000 €, se ha estimado a tanto alzado a partir de presupuestos proporcionados por otros radiotelescopios para cada uno de los subsistemas consultados y tras la realización de un estudio de mercado de empresas suministradoras. Con lo que el importe de este capítulo asciende a **79.000 €**.

Hay que sumar a estas cantidades los gastos generales y de beneficio industrial (19%).



CAP8.-PUESTA EN MARCHA

Teniendo en cuenta el cuadro 3.2 de este pliego, para este capítulo se ha estimado la necesidad de 8 titulados superiores durante 3 meses. Por tanto, el importe total por gastos de personal ascendería a 52.600 €. Esta cantidad es necesario incrementarla con un 32,6% de gastos sociales, lo que supone un total de aproximadamente 69.700 €.

También se ha estimado la necesidad de que la empresa lleve a cabo desplazamientos al radiotelescopio para efectuar pruebas. La estimación es aproximadamente de 3 viajes de 4 personas de 20 días cada uno. Esto supone una cantidad de (3x4x20x50 €) 12.000 € en dietas. Además, el importe unitario de cada desplazamiento se estima en 1.200,00 €. Por lo tanto, el presupuesto total estimado para desplazamientos asciende a (3x4x1.200 €) 14.400 €.

Así pues, los gastos incluyendo personal y desplazamientos ascienden a **96.100 €**.

Hay que sumar a estas cantidades los gastos generales y de beneficio industrial (19%).

En la tabla siguiente se indica el cronograma del presupuesto, con su plan de pagos.



CRONOGRAMA DEL PRESUPUESTO Y PLAN DE PAGOS

	2021	2022	2023
1.- Informe Correspondiente al PDR	104.006		
2.- Informe correspondiente al CDR	124.712		
3.- Entrega del software de control de bajo nivel	93.415		
4.- Informe FAT de los entregables 1, 2, 3., 9, 10, 11 y 12. Punto 3.7 del PPT.		523.600	
5.- Informe FAT de los entregables 4, 5, 6, 7 y 8. Punto 3.7 del PPT		348.313	
6.- Entrega del software de control (alto nivel)		93.415	
7.- Informe SAT de la instalación de los servos de Acimut y elevación		94.010	
8.- Informe SAT de la instalación de los servos del subreflector e Informe SAT del sistema completo		94.010	
9.- . Informe Final de Puesta en marcha operativa y Curso de Formacion			114.359
TOTAL NETO	322.133,00	1.153.348,00	114.359,00
IVA	67.647,93	242.203,08	24.015,39
TOTAL	389.780,93	1.395.551,08	138.374,39
TOTAL ACUMULADO	389.780,93	1.395.551,08	1.923.706,40

Firmado electrónicamente

Madrid, 5 de abril de 2021

EL DIRECTOR DEL CNIG

Emilio José López Romero