

# **ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS**

## **“CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI”**



**EMPLEO DE LA GEOMATICA EN LA TOPOGRAFIA Y TECNICA DIRECCION Y CONTROL DEL TIRO**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de  
Licenciado en Ciencias Militares con mención en Ingeniería.**

**Autor**

**RUDDY ARTURO REZZA SULCA**

**(0000-0001-2202-7600)**

**Lima – Perú**

**2025.**




## 19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

“A mi Ejército y a mi familia”

Agradecimiento

“Agradezco a todos mis docentes quienes me formaron en esta casa de estudios que fueron los cimientos de mi persona y de mi carrera profesional”

## Contenido

RESUMEN. ....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL.....	6
1.1 Descripción de la Dependencia o Unidad. ....	6
1.2 Tipo de actividad que desarrolló.....	6
1.3 Lugar y fecha.....	6
1.4 Misión.....	6
1.5 Visión.....	6
1.6 Funciones del puesto que ocupó.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	10
2.2 Bases teóricas.....	13
2.2.1 Sistema Satelital de Navegación Global – GNSS.....	13
2.2.2 Precisión.....	14
2.2.3 Exactitud.....	15
2.2.4 Estación Receptora Permanente GNSS.....	17
2.2.5 Real Time Kinematics RTK.....	17
2.3 Términos básicos (Glosario de términos).....	17
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL EMPLEO DE LA GEOMATICA EN LA TOPOGRAFIA Y TECNICA DIRECCION Y CONTROL DEL TIRO .....	19
3.1 Campo de aplicación.....	19
3.2 Tipo de aplicación.....	19
3.3 Diagnóstico .....	19
3.4 Propuesta de innovación.....	22
3.4.1 Objetivo de la propuesta.....	26
3.4.2 Descripción simple de la propuesta.....	27
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES .....	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
ANEXOS .....	35
(1) Anexo 01: Informe profesional.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reporte de satélites rastreados y usados de las 4 Constelaciones.....	14
Figura 2. Descripción del concepto de precisión – La campana de GAUSS...	14
Figura 3. Impactos NO precisos y NO exactos .....	15
Figura 4. Impactos precisos, pero NO exactos .....	15
Figura 5. Impactos NO precisos, pero exactos .....	16
Figura 6. Impactos PRECISOS y EXACTOS.....	16
Figura 7. Estación Receptora Permanente GNSS .....	17
Figura 8. Estación Receptora Permanente GNSS de la IGEOMIL.....	24
Figura 10. Esquema del Centro de Coordinación de Apoyo de Fuegos con la Estación Base GNSS .....	25
Figura 11. Procesos generales para el empleo del Sistema satelital de navegación Global .....	27
Figura 12. Esquema de la generación de correcciones desde la Estación Base GNSS.....	28
Figura 13. Catastro de Operaciones Militares y la Carta de Situación de Operaciones en formato digital. ....	29

## **RESUMEN.**

El presente trabajo titulado "EMPLEO DE LA GEOMATICA EN LA TOPOGRAFIA Y TECNICA DIRECCION Y CONTROL DEL TIRO" tiene como área de estudio el Centro de Coordinación de Apoyo de Fuegos del Grupo de Artillería de Campaña "Gral Isacc Recavarren N° 20" de la Tercera Brigada de Caballería acantonada en la región Tacna.

En el año 1998, ya se observaba que los terrenos desérticos ubicados desde Tacna hasta la línea de frontera cada vez estaban siendo ocupadas por nuevas viviendas de poblaciones civiles y áreas rurales con cultivos, este problema por su naturaleza y seguridad dificultarían las operaciones militares. Otro de los problemas más saltantes determinados en la planificación de los medios de apoyo de fuegos a la 3ra Brigada de Caballería tenía relación con la precisión y exactitud de la ubicación geográfica de los elementos presentes en la zona de operaciones, que en la actualidad se complica por la presencia de poblaciones civiles y que se hace necesario mayor precisión en el control del geoposicionamiento. En el 1998 para la determinación de coordenadas se utilizaba equipos navegadores empleando solo la constelación GPS de USA.

Frente a estos problemas, en el presente trabajo se propone emplear las cuatro constelaciones geodésicas (GPS-USA, GLONASS-RUSIA, GALILEO-EUROPA, BEIDUO-CHINA) basado en la implementación de una Infraestructura Geodésica Militar – IGEOMIL para la zona de operaciones, la implementación de la Carta de Situación de Operaciones con la cartografía/ortofoto escala 1:5000 utilizada por el Estado con fines de titulación urbana y rural además del empleo de drones para las actividades de inteligencia de objetivos.

En tiempos de paz esta propuesta puede ser empleada en apoyo a las actividades de Defensa Civil y también apoyo a las organizaciones y poblaciones civiles.

***Palabras claves: Geomática, constelaciones geodésicas, actividades de defensa civil.***

## **INTRODUCCIÓN**

### **CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL**

#### **1.1 Descripción de la Dependencia o Unidad.**

La presente investigación se llevó a cabo en el Grupo de Artillería de Campaña "General Isaac Recavarren" N° 20 de la 3ra Brigada de Caballería de Tacna.

#### **1.2 Tipo de actividad que desarrolló.**

Comandante de la Unidad – Centro de Coordinación de Apoyo de Fuegos de la 3ra Brigada de Caballería de Tacna.

#### **1.3 Lugar y fecha.**

Región Tacna – 1998.

#### **1.4 Misión.**

La misión del GAC 20 (Grupo de Artillería de Campaña N.º 20) se enfoca en garantizar la soberanía e integridad territorial del Perú a través de acciones de defensa y apoyo, lo que incluye el control del orden interno, el desarrollo económico y social, la defensa civil y la participación en misiones internacionales de paz, según sus roles como parte del Ejército del Perú

#### **1.5 Visión.**

Defender los intereses nacionales de diversas posibles amenazas, ejercer el poder militar terrestre, participar en el desarrollo económico y social, controlar el orden interno y las operaciones de defensa civil de manera continua y efectiva, y tener como objetivo contribuir a la soberanía e integridad territorial.

#### **1.6 Funciones del puesto que ocupó.**

Las principales funciones del Coordinador de Apoyo de Fuegos de la 3ra Brigada de Caballería son los siguientes:

El Comandante de unidad es el responsable de integrar la maniobra con todos los medios de apoyo de fuegos, con la finalidad de obtener el máximo poder de combate de la Gran Unidad.

Desarrollar el Plan de Apoyo de Fuegos a los objetivos de la Gran Unidad y a los objetivos de cada Unidad de Maniobra.

Asesorar y recomendar al Comandante de la Gran Unidad en asuntos del apoyo de fuegos.

Analizar la situación del enemigo y la misión recibida para recomendar las prioridades de apoyo de fuegos.

Mantener la Carta de situación de operaciones del Centro de Coordinación de Apoyo de Fuegos de la Gran Unidad.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

#### **2.1.1 Antecedentes Internacionales.**

(Lachapelle, 2018, pág. 2) En el resumen del Informe "High Precision GNSS RTK navigation for soldiers and other military assets" menciona lo siguiente en relación a la gran importancia que tiene el empleo de los sistemas GNSS – RTK en las operaciones militares:

*"El posicionamiento y la navegación en tiempo real con precisión subdecimétrica para soldados y otros activos militares se está volviendo cada vez más importante para una variedad de misiones, incluido el posicionamiento relativo entre individuos y activos. GNSS es el único sistema que puede ofrecer este nivel de rendimiento en todo el mundo con una infraestructura terrestre local limitada. Los métodos disponibles para lograr lo anterior se denominan métodos cinemáticos en tiempo real (RTK). Para que estos métodos logren una precisión subdecimétrica, son necesarias algunas condiciones, a saber, el acceso a las señales de línea de visión (LOS), la ausencia de interferencia electrónica, el uso de mediciones de fase realizadas en frecuencias portadoras y el uso de modo de funcionamiento diferencial o relativo para reducir o eliminar la propagación, los errores orbitales y de sincronización. Las mediciones de fase portadora se utilizan ya que tienen ruido de nivel mm y multitrayecto de nivel cm. El funcionamiento diferencial o relativo implica el uso de dos receptores simultáneos con el objetivo de posicionar con precisión uno con relación al otro, en oposición a posicionarlos con precisión con respecto a un marco de referencia global; los dos receptores pueden ser estáticos o móviles. Las mediciones de la fase de la portadora diferencial son ambiguas y estas ambigüedades deben resolverse como números reales o enteros, proporcionando estos últimos el mayor nivel de precisión debido a la mejora de la observabilidad. Cuando la distancia entre los dos receptores aumenta sustancialmente,*

*el efecto residual de la atmósfera se convierte en un factor limitante, aunque las mediciones de doble frecuencia pueden mitigar un poco este efecto. Las aplicaciones del posicionamiento de alta precisión incluyen la determinación de la trayectoria, de vehículo a vehículo para evitar colisiones y posicionamiento de soldado a soldado, por nombrar algunas. El GNSS dominante utilizado para lo anterior es el GPS. Se está comenzando a utilizar otros sistemas emergentes como GLONASS, Galileo y Beidou para complementar el GPS con el fin de mejorar el rendimiento. ” .*

En una publicación J. W. Griffioen y P.J. Oonincx. (Griffioen, 2013, pág. 2) denominada “ Suitability of Low-Frequency Navigation Systems for Artillery Positioning in a GNSS Denied Environment ” , señalan lo siguiente en relación a la problemática de la falta de respaldo en los sistemas de posicionamiento y la posible solución:

*“ En un entorno donde hay interferencias del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el ejército holandés se enfrenta a todo tipo de desafíos en un área de despliegue de este tipo, por ejemplo, para determinar la ubicación de las armas. Hoy en día, un Sistema de Navegación Inercial (INS) se utiliza como sistema de posicionamiento de respaldo. Sin embargo, para utilizar esta herramienta de respaldo dentro de los límites de precisión especificados, se necesitan procedimientos adicionales que limiten la implementación. Un método de posicionamiento alternativo, como un sistema de navegación de baja frecuencia, podría ser una solución a estos problemas. ”*

Dinesh Sathyamoorthy, en su artículo (Sathyamoorthy, 2018) denominado “ Vulnerabilities of global navigation satellite systems – GNSS signals to jamming and spoofing ” , resume las vulnerabilidades del empleo de los sistemas GNSS, la misma que afectaría las operaciones militares:

*“Las señales GNSS civiles son vulnerables a la interferencia, que bloquea a los receptores GNSS para que no reciban mensajes de navegación, y la suplantación, que manipula la ubicación y la hora*

*que los receptores calculan. Con la creciente dependencia de GNSS para el posicionamiento, la navegación y la sincronización del tiempo, a fin de evitar las posibles consecuencias de los ataques intencionales y no intencionales a las señales GNSS, se debe dar énfasis a los pasos de mitigación de la vulnerabilidad GNSS, incluidas las copias de seguridad de navegación / posicionamiento / tiempo, haciendo un uso completo de programas de modernización de GNSS en curso, mayor capacidad para identificar y localizar bloqueadores de GNSS, monitoreo y aumento de la integridad, y tecnologías anti-jamming y anti-spoofing. ”.*

El consultor George Schmidt en su artículo “Navigation Sensors and Systems in GNSS Degraded and Denied Environments” (Schmidt, 2017) resume lo siguiente:

*“Las señales de posición, velocidad y temporización (PVT) del Sistema de posicionamiento global (GPS) se utilizan en todo el mundo, pero la disponibilidad y fiabilidad de estas señales en todos los entornos se ha convertido en un tema de preocupación tanto para aplicaciones militares como civiles. Los informes de noticias internacionales sobre un ataque de suplantación exitoso contra un UAV civil en el campo de misiles White Sands en Nuevo México, EE. UU., Han aumentado las preocupaciones sobre el uso planificado de UAV en el espacio aéreo nacional y la seguridad del vuelo en general. En esta presentación se ilustran otros ejemplos de los efectos de la interferencia e interferencia del GPS. Este es un problema particularmente difícil que requiere ideas nuevas e innovadoras para llenar el vacío PVT cuando los datos están degradados o no están disponibles. Una solución es utilizar sensores inerciales y / o de otro tipo para cerrar la brecha en la información de navegación. Esta presentación resume los avances recientes en la tecnología de sensores de navegación, incluidos GPS, inerciales y otras ayudas a la navegación. Esta presentación también describe los avances*

*recientes en la tecnología de integración de sensores y se exploran los beneficios sinérgicos. También se describen las mejoras tecnológicas esperadas para la robustez del sistema. Las aplicaciones que son posibles gracias a este rendimiento avanzado incluyen sistemas de navegación personal, navegación robótica y sistemas autónomos con un bajo costo y precisión sin precedentes."*

Y, finalmente Schmidt en el mismo artículo concluye:

*"Los avances recientes en la tecnología INS / GPS han acelerado el uso potencial de estos sistemas integrados, mientras que también ha aumentado la conciencia sobre las vulnerabilidades del GPS a la interferencia. La precisión en las señales de transmisión GPS permitirá una precisión INS / GPS de 1 metro. Se encontrarán muchos usos para esta alta precisión. Paralelamente, se desarrollarán componentes inerciales de menor costo y también tendrán una precisión mejorada. Las arquitecturas A / J altamente integradas para los sistemas INS / GPS se volverán comunes, reemplazando las arquitecturas de aviónica basadas en cajas negras funcionales donde los receptores y los sistemas inerciales se tratan como sistemas independientes. Para futuras aplicaciones militares y civiles, se prevé que el uso de sistemas INS / GPS proliferará y, en última instancia, dará como resultado una precisión de navegación mundial inferior a un 1 m, que deberá mantenerse en todas las condiciones."*

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales.**

Dada la naturaleza del título de la investigación escogida, existen muy pocos trabajos de investigación peruanas relacionados a nuestro tema, sin embargo, las investigaciones y trabajos que se ha conseguido nos encamina y orienta que nuestro trabajo de investigación es muy importante.

Los autores (Guevara, Espinoza, Tavera, 2017, pág. 143) plantean como un problema la determinación de cuál es la relación que existe entre el Empleo de uso de GPS en la optimización de los Trabajos de Topografía para el tiro de los

Cadetes del Arma de Artillería de la Escuela Militar de Chorrillos; de acuerdo a su hipótesis general han llegado a la conclusión siguiente:

*“ Existe influencia significativa entre el Empleo de uso de GPS y la Trabajos de Topografía para el tiro de los Cadetes del Arma de Artillería de la Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”, 2017; se ha podido establecer un resultado de 84.76% y 60.98% respectivamente. El valor calculado para la Chi cuadrada (6.119) es mayor que el valor que aparece en la tabla (5.991) para un nivel de confianza de 95% y un grado de libertad”.*

Esta conclusión nos da a entender como es lógico, que el empleo de la tecnología GPS en la modalidad de la obtención de los datos de posición en modo “ABSOLUTO” empleando solo la constelación GPS para las actividades del tiro de artillería. “ABSOLUTO”, es el modo tradicional del empleo para determinar la ubicación geográfica de los elementos en el campo de batalla; mientras que nuestra propuesta abarca el empleo de los sistemas GNSS es decir utilizar las 4 constelaciones satelitales disponibles (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDUO) y en la modalidad de trabajo de tiempo real y en modo “DIFERENCIAL”.

(Marin, 2020, pág. 96) en su tesis “Grupo de Artillería de campaña de cohetes y su empleo en apoyo a las operaciones militares de la Gran Unidad de Batalla”; mencionan lo siguiente:

*“La presente investigación tuvo por finalidad observar, analizar, explorar, concluir y aportar a nuestra doctrina planteamientos teóricos respecto al empleo de los grupos de artillería de cohetes enmarcado en un mundo en constante cambio, donde las tecnologías orientadas al campo de batalla se innovan constantemente. El enfoque aplicado para la presente investigación ha sido del tipo cualitativo desde un esquema descriptivo simple, desde donde se buscó responder las interrogantes del trabajo a través de las técnicas de investigación y recolección de datos como las entrevistas no estructuradas, observación documentada, documentos, registros, manuales, etc. Lo que ha permitido señalar la importancia de diferenciar los requerimientos necesarios para el empleo de la artillería de campaña. Del mismo modo, el trabajo de investigación no solo ha señalado los*

*vacíos entre lo que dice la doctrina y lo que la realidad muestra, sino que, con espíritu proactivo se ha buscado a través del análisis crítico, llegar a un aporte para nuestra doctrina a través de la confección de un manual de empleo del grupo de artillería de campaña de cohetes, en el cual se diferencias sus requerimientos particulares con los otros tipos de artillería presente en el campo de batalla. Se concluye entonces que el empleo de la artillería de campaña conformado por sistema de cohetes requiere de consideraciones distintas y necesarias para poder cumplir cabalmente con el apoyo que requiere la gran unidad de batalla.”*

Los autores cuando expresan que los sistemas de cohetes modernos requieren de consideraciones distintas, precisamente estas consideraciones están relacionadas con el empleo de tecnologías actuales, una de ella la utilización de GNSS diferenciales que permiten obtener mejores precisiones. Los sistemas de cohetes últimamente adquiridas disponen de equipos geodésicos diferenciales y que en la práctica no están siendo utilizados en su máximo potencial por falta de una infraestructura geodésica y de cambios es los procedimientos técnicos de empleo.

En la tesis denominada “El empleo de vehículos aéreos no tripulados y el desempeño de los entrenamientos topográficos de los cadetes del arma de artillería de la Escuela Militar de Chorrillos” sustentadas por (Velasco, Vargas, 2019, pág. 96); en ninguna parte hacen referencia al uso de la tecnología GPS mucho menos el uso de la tecnología GNSS en el empleo de los vehículos aéreos no tripulados tal como se puede ver en sus conclusiones:

*“ 1. Teniendo en consideración la Hipótesis General que señala: Existe relación directa y significativa entre el empleo de vehículos aéreos no tripulados y el Desempeño de los Entrenamientos Topográficos de los cadetes del Arma de Artillería de la Escuela Militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi” 2019; se ha podido establecer un resultado de 57.11% y 72.15% respectivamente. El valor calculado para la Chi cuadrada (9.704) es mayor que el valor que aparece en la tabla (9.488) para un nivel de confianza de 95% y un grado de libertad (4). Por lo que*

*se adopta la decisión de rechazar la hipótesis general nula y se acepta la hipótesis general alterna.*

*2. Teniendo en consideración la Hipótesis Específica 1 que señala: Existe relación directa y significativa entre el empleo de vehículos aéreos no tripulados y la Ubicación de Cartaboneo de los cadetes del Arma de Artillería de la Escuela Militar de Chorrillos "Coronel Francisco Bolognesi" 2019; en un promedio aritmético obtenido por los resultados de cada indicador de un 50.81% y 70.73% respectivamente. El valor calculado para la Chi cuadrada (498.245) es mayor que el valor que aparece en la tabla (60.480) para un nivel de confianza de 95% y un grado de libertad (44). Por lo que se adopta la decisión de rechazar la hipótesis específica 1 nula y se acepta la hipótesis específica 1 alterna. "*

Sin duda, los sistemas UAVs disponen de equipos geodésicos incorporados que les da coordenadas de posición a la ortofoto sin embargo por la velocidad de desplazamiento y otros factores no son eficientes, para mejorar se necesita contar con procedimientos estandarizados basados en la tecnología GNSS.

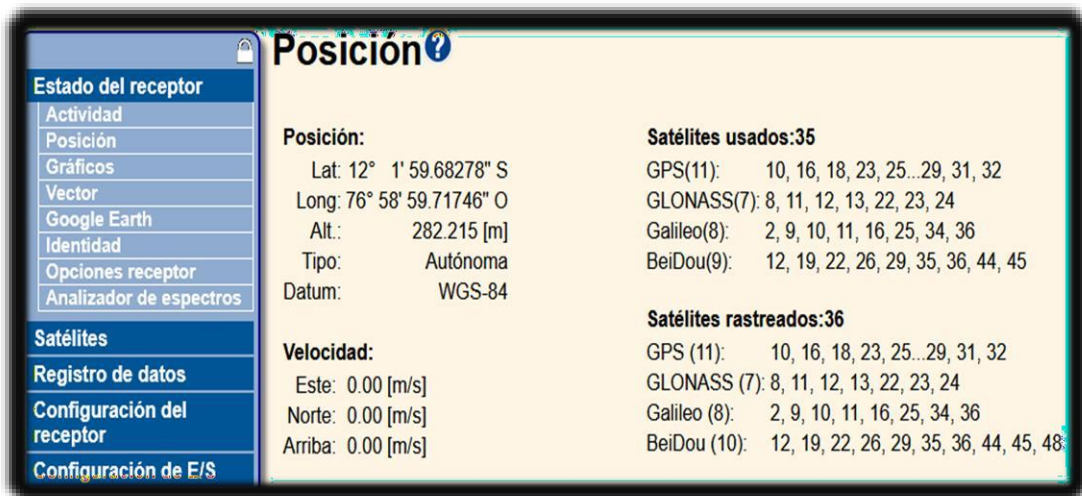
## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 Sistema Satelital de Navegación Global – GNSS.**

Sistema Satelital de Navegación Global – GNSS, es el término general utilizado para referirse a todos los sistemas de navegación por satélite (GPS-USA, GLONASS-RUSIA, GALILEO-EUROPA, BEIDUO-CHINA), estas 4 constelaciones es de carácter global por lo que permite determinar la ubicación geográfica de un elemento en cualquier lugar del mundo.

El empleo combinado de todas las constelaciones GNSS, nos facilita la mayor cantidad de satélites posibles para lograr mejores performances en la determinación de la ubicación geográfica. La disponibilidad de satélites se ve restringida por la orografía del terreno, por la vegetación y construcciones civiles.

**Figura 1. Reporte de satélites rastreados y usados de las 4 Constelaciones.**

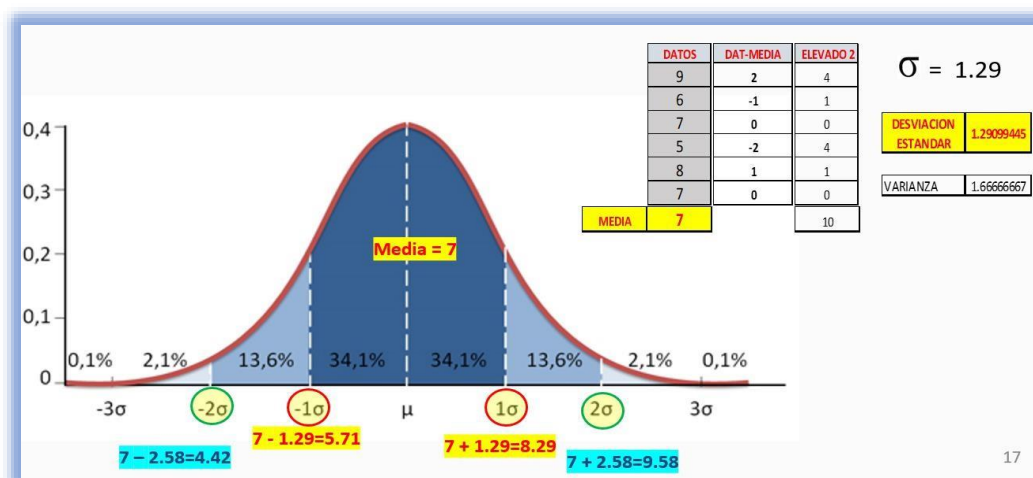


**Nota:** En la figura se muestra las coordenadas generadas por 35 vehículos satelitales (GPS (11), GLONASS (7), GALILEO (8), BEIDUO (9)).

### 2.2.2 Precisión.

Precisión es un concepto estadístico que determina el grado de dispersión de los datos. De un conjunto de mediciones realizadas, se mide cuánto se aproximan los resultados de las mediciones entre sí. Normalmente se determina la media aritmética y se compara con cada una de las medidas para determinar su grado de dispersión. En esencia, cuando más cercano están las medidas en relación al valor de la media aritmética, entonces la medición realizada será más precisa.

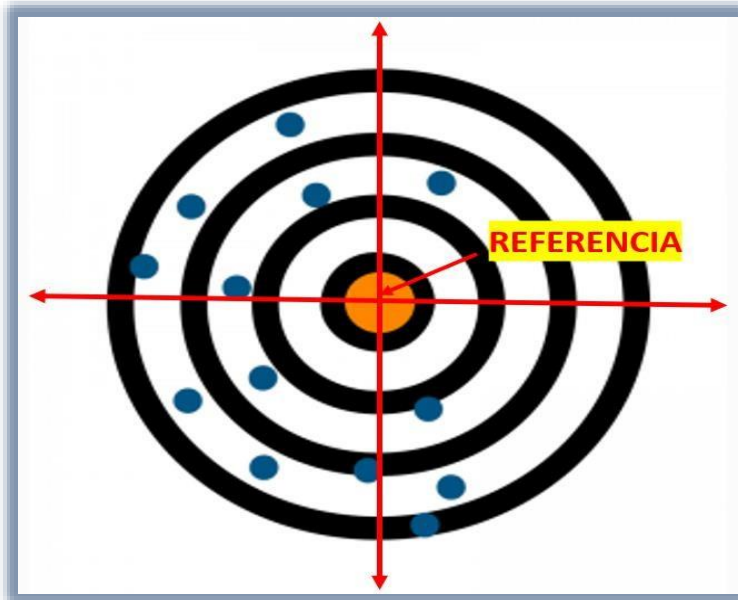
**Figura 2. Descripción del concepto de precisión – La campana de GAUSS.**



### 2.2.3 Exactitud.

La exactitud es la diferencia entre el valor medido y el valor de REFERENCIA auténtico. Por lo tanto, una medición exacta será aquella que tenga el menor error posible en relación a la medida de la referencia.

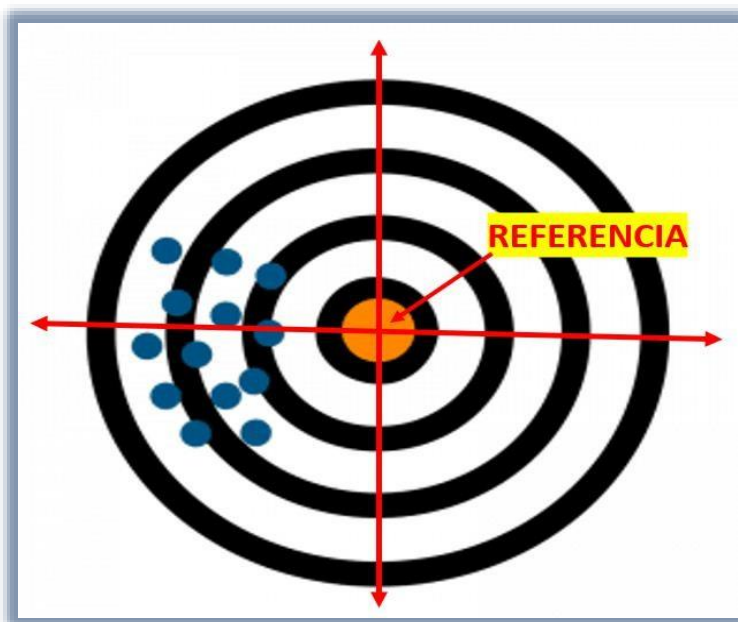
**Figura 3. Impactos NO precisos y NO exactos.**



**Nota:**

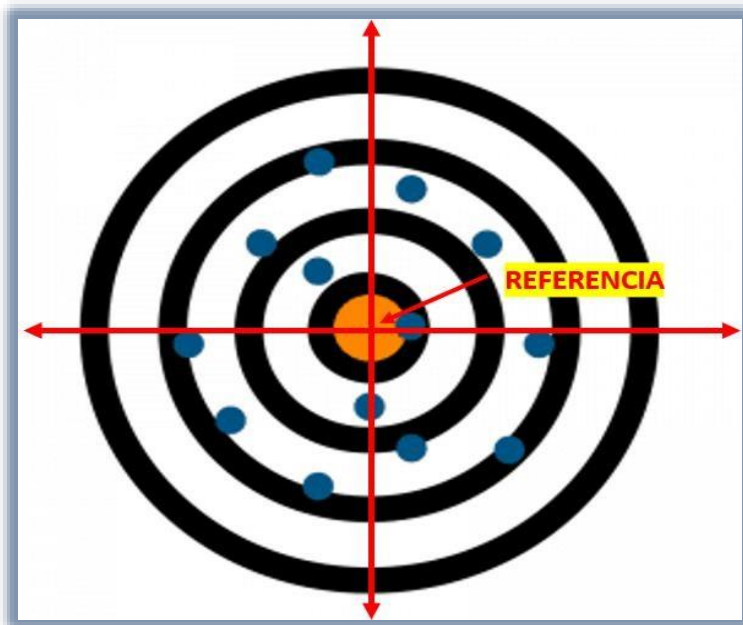
*Los impactos están muy dispersos y lejos de la referencia.*

**Figura 4. Impactos precisos, pero NO exactos.**



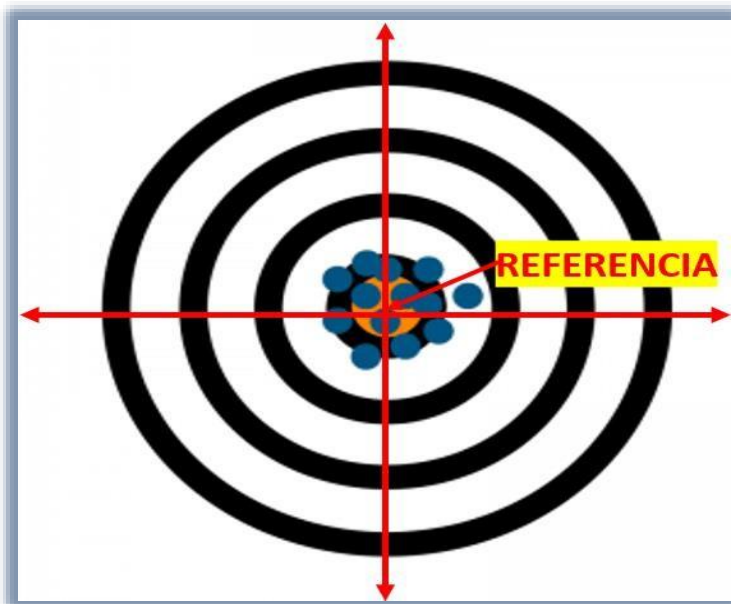
**Nota:** *Los impactos están agrupados es decir tienen buena precisión pero, están lejos de la referencia.*

**Figura 5. Impactos NO precisos, pero exactos.**



**Nota:** Los impactos están muy dispersos es decir no son precisos pero, están sobre la referencia

**Figura 6. Impactos PRECISOS y EXACTOS.**



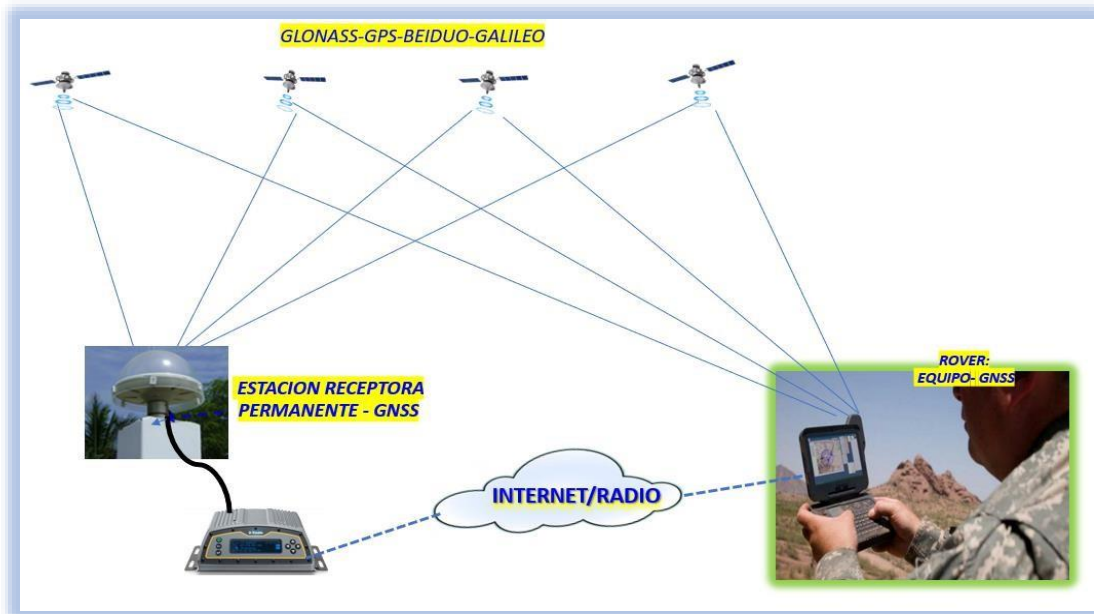
**Nota:**

Los impactos están agrupados es decir tienen buena precisión pero, están y sobre la referencia. Esta es la situación ideal especialmente cuando se determina geoposicionamientos simultáneos de muchos elementos en una zona.

### 2.2.4 Estación Receptora Permanente GNSS.

Una estación de REFERENCIA GNSS de operación continua, consta de una antena geodésica GNSS de un receptor y de un cable de conexión entre ambos. Utilizan una interface de conectividad (internet, telefónica o radial), un sistema de alimentación de energía y un sistema de protección.

**Figura 7. Estación Receptora Permanente GNSS.**



### 2.2.5 Real Time Kinematics RTK.

Real-Time Kinematic (RTK - GNSS) es una moderna tecnología de geoposicionamiento muy preciso que utiliza el sistema global de navegación por satélite (GNSS) para lograr coordenadas geográficas con gran precisión.

RTK mejora la precisión GNSS estándar mediante el uso de una Estación Receptora Permanente fija y las unidades móviles. La Estación Receptora Permanente calcula los errores en las señales de los satélites causados por factores atmosféricos y de otro tipo, y transmite las correcciones a los dispositivos móviles en tiempo real.

## 2.3 Términos básicos (Glosario de términos).

### Coordenadas

Son un conjunto de valores que designan la posición ocupada por un punto en relación a un sistema de referencia, pueden ser métricos (coordenadas UTM) o angulares (coordenadas Geográficas).

### **Coordenadas Geográficas**

Son los valores angulares de Latitud y de Longitud, medidos a partir del plano ecuatorial y del meridiano de Greenwich, sirven para indicar la posición horizontal de un punto sobre la superficie de la Tierra.

### **Error Medio Cuadrático (EMC) (RMS)**

Muestra la calidad de la solución. Se basa únicamente en el ruido de medición de las observaciones de alcance de los satélites y es independiente de la geometría de los satélites. Cuanto más cercano a cero, mejor.

### **Estación de Rastreo Permanente (ERP)**

Es una estación de referencia GNSS de operación continua, consta de un receptor y antena GNSS, una interface de conectividad (internet, telefónica o radial), un sistema de alimentación de energía y un sistema de protección.

### **Estación base**

Es un receptor GNSS/GPS estacionado en un punto de coordenadas conocidas. Las ERP constituyen estaciones base.

### **Estación Rover**

Es un receptor GNSS/GPS estacionado en un punto del cual se desea determinar sus coordenadas.

### **Geodesia**

Es la ciencia que estudia la forma, tamaño y el campo gravitacional de la Tierra y sus cambios temporales.

### **GNSS**

Acrónimo de Global Navigation Satellite System, utilizado para denominar al conjunto de sistemas de posicionamiento satelital e incluye a los actuales NAVSTAR-GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU.

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL EMPLEO DE LA GEOMÁTICA EN LA TOPOGRAFIA Y TÉCNICA DIRECCION Y CONTROL DEL TIRO.**

### **3.1 Campo de aplicación**

El área de estudio es el Centro de Coordinación de Apoyo de Fuegos del Grupo de Artillería de Campaña "Gral Isacc Recavarren N° 20", acantonada en la región Tacna, orgánico de la Tercera Brigada de Caballería.

### **3.2 Tipo de aplicación**

Empleo de nuevas tecnologías en la Técnica de dirección y control de tiro de los medios de apoyo de fuegos de una Brigada.

### **3.3 Diagnóstico**

Uno de los problemas más saltantes determinados en la planificación de los medios de apoyo de fuegos a la 3ra Brigada de Caballería durante la época de Comandante de Unidad tiene relación con la **exactitud** y también con la **precisión** para la determinación de las ubicaciones de los objetivos, los observadores avanzados, las baterías de tiro; además, de la ubicación – geo posición de los elementos de maniobra.

Otro problema importante es la orografía del terreno del probable campo de batalla, que se caracteriza por ser muy cambiante por las constantes variaciones producto de la acción de las torrenteras pluviales que discurren desde las partes altas de los Andes y cruzan las áreas desérticas de la zona hasta su desembocadura en el océano Pacífico produciendo quebradas profundas y de menor magnitud que dificultad el desplazamiento de los vehículos; pero estas torrenteras, adecuadamente acondicionados pueden ser empleadas como cubiertas.

En el año 1998, ya se observaba que estos terrenos desérticos ubicados desde la urbe de Tacna hasta la línea de frontera cada vez estaban paulatinamente siendo ocupadas por nuevas viviendas de poblaciones civiles y áreas rurales con cultivos que por su naturaleza y seguridad dificultarían las operaciones militares.

En el estudio desarrollado por (Ana Isabel Alvarado Huapaya, 2020, página 23) "Variación del área agrícola en el distrito La Yarada Los Palos, Tacna, Perú" mencionan lo siguiente:

"De tal forma, para 2025 se estima que, de seguir con la tendencia de crecimiento actual, el distrito La Yarada Los Palos aumentaría en 9686 hectáreas la superficie agrícola cultivada. De acuerdo con la ecuación polinómica, la proyección para 2030 es de 42021 hectáreas. Es decir, en un periodo de diez años se duplicarían las hectáreas cultivadas."

Figura 5. Área total cultivada por año en el distrito La Yarada Los Palos, Tacna

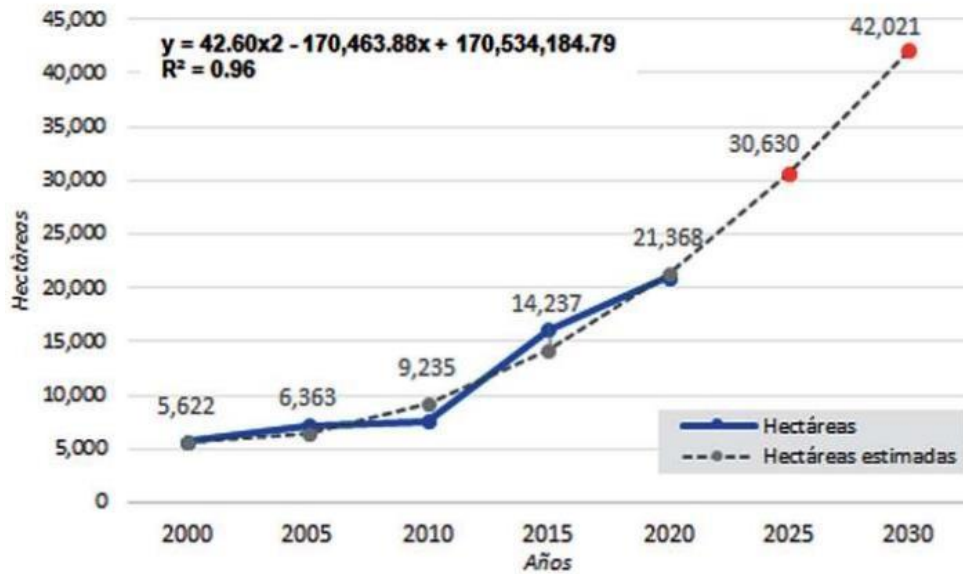
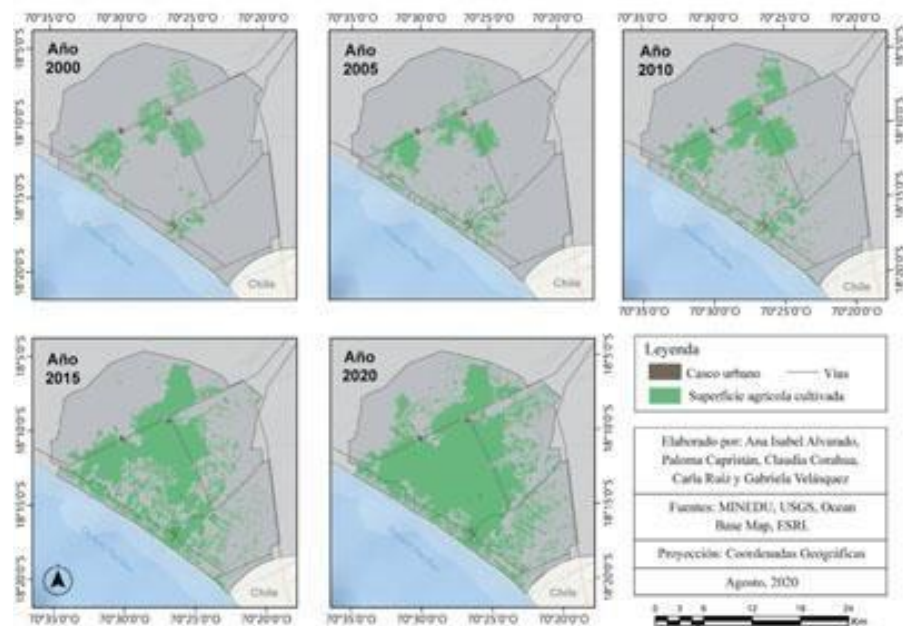


Figura 3. Mapa multitemporal de la extensión de la superficie agrícola en el distrito La Yarada Los Palos, Tacna

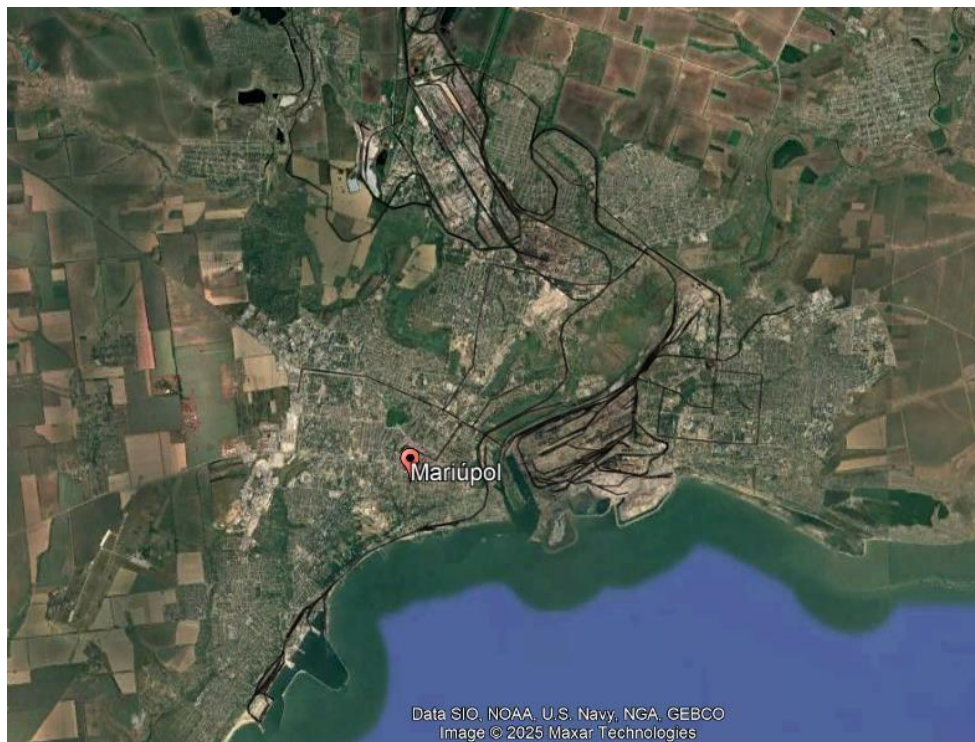
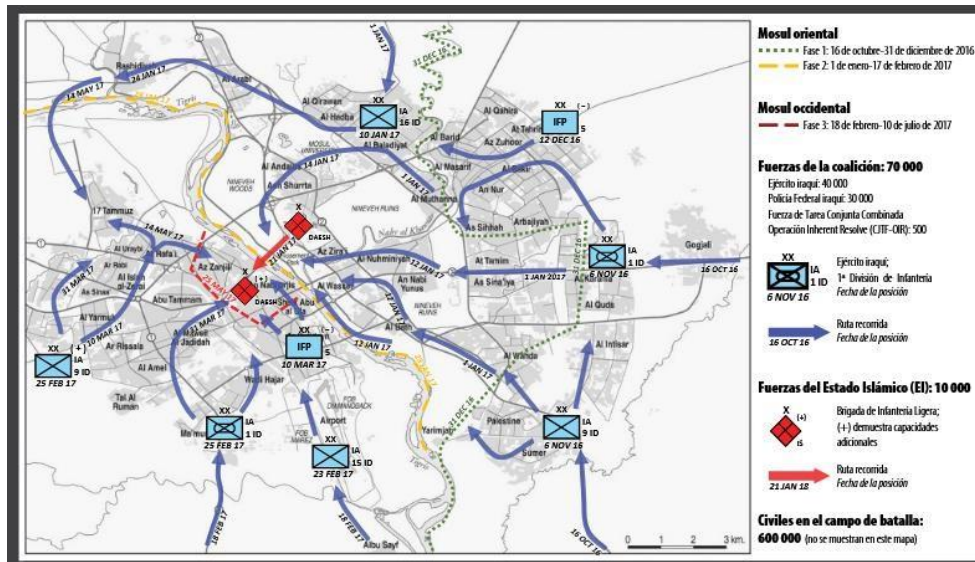


En esa época (1997-1998) para el geoposicionamiento y la determinación de coordenadas de los elementos de la conducción del tiro de Artillería de

campaña, en las prácticas de las operaciones militares se utilizaba equipos navegadores empleando solo la constelación GPS de USA, con errores de 50 a 100 metros y en muchas ocasiones estas llegaban a errores muy altos la que finalmente se corregía por la conducción del tiro.

Sin duda en la actualidad las operaciones militares en la zona de la frontera serían más compleja en el proceso de planificación y en la conducción de las operaciones por la presencia de poblaciones civiles urbanas y parcelas rurales. La historia militar actual nos da ciertos parámetros que es necesario tener en cuenta; por ejemplo, la Batalla de Mariupol, lanzada por Rusia contra Ucrania, en el año de 2022, generó la muerte de más de 22.000 residentes de una población aproximada de 120,000 habitantes y la destrucción del 90% de la infraestructura de la ciudad; otro ejemplo, es la batalla de Mosul que fue la primera operación de combate a gran escala en la que participa Estados Unidos desde la invasión a Iraq que tenía como objetivo capturar la ciudad del Estado Islámico, en relación a esta operación militar el Mayor Thomas D. Arnold del ejército de EUA en su publicación denominada "*Cinco lecciones operacionales de la batalla de Mosul*" (Mayor Thomas D. Arnold, 2019), presenta las cinco lecciones siguientes:

1. *Es imposible aislar una ciudad moderna.*
2. *La dificultad aumenta con la profundidad y la duración.*
3. *Los atacantes pierden la iniciativa cuando entran a la ciudad.*
4. *El terreno urbano denso mejora el sostenimiento.*
5. *El alcance operacional es proporcional al apoyo de la población.*



Frente a este problema, el empleo de las nuevas tecnologías vigentes nos brinda soluciones muy buenas; siempre y cuando, se adopte una buena organización e infraestructura de los elementos presentes en la zona de operaciones, complementado por una adecuada capacitación.

### 3.4 Propuesta de innovación

Considerando que la posible área de operaciones militares en la zona de frontera con Chile existe poblaciones civiles y parcelas rurales constituyendo la INFRAESTRUCTURA URBANA y la RURAL respectivamente, complementada por la INFRAESTRUCTURA VIAL inherente al teatro de operaciones. En estas

condiciones el proceso de planificación y conducción de las operaciones militares se vuelven muy complejos y en consecuencia se requiere emplear adecuadamente las nuevas tecnologías vigentes que facilite la PRECISION y la EXACTITUD de los elementos presentes en la zona de operaciones.

### **1. Infraestructura geodésica de los Medios de Apoyo de Fuegos**

Una de las condiciones técnicas más importantes para la conducción de los tiros de los medios de apoyo de fuegos es el geoposicionamiento es decir la ubicación geográfica de los elementos para la conducción del tiro incluyendo la ubicación de las unidades de manobra; sin embargo, considerando que ahora el terreno del teatro de operaciones está contaminado por las infraestructuras rurales y urbanas es necesario disponer de una "**Infraestructura Geodésica para Operaciones Militares-IGEOMIL**" que sea **precisa** y **exacta** empleando las nuevas tecnologías vigentes.

Las nuevas tecnologías vigentes nos obligan a utilizar vehículos aéreos y terrestres no tripulados de distintas características y fines, que van desde "drones" miniaturas tamaño de un mosquito hasta de mediana magnitud que requieren ser controlados mediante una infraestructura geodésica presente en la zona de operaciones que garantice la precisión y exactitud.

La "**IGEOMIL**", que se propone debe de utilizar un equipo geodésico de infraestructura denominado "Estación Base GNSS"; este equipo permite corregir las coordenadas obtenidas por los equipos de campo llegando a datos muy **precisas** y con la **exactitud** necesaria.

En esencia, las operaciones militares en estas condiciones tienen que ser muy especiales en el empleo de la tecnología vigente, pero también muy cuidadosos para enfrentar los posibles bloqueos o suspensión de servicios tecnológicos de posicionamiento y medios de comunicaciones.

**Figura 8. Estación Receptora Permanente GNSS de la IGEOMIL.**



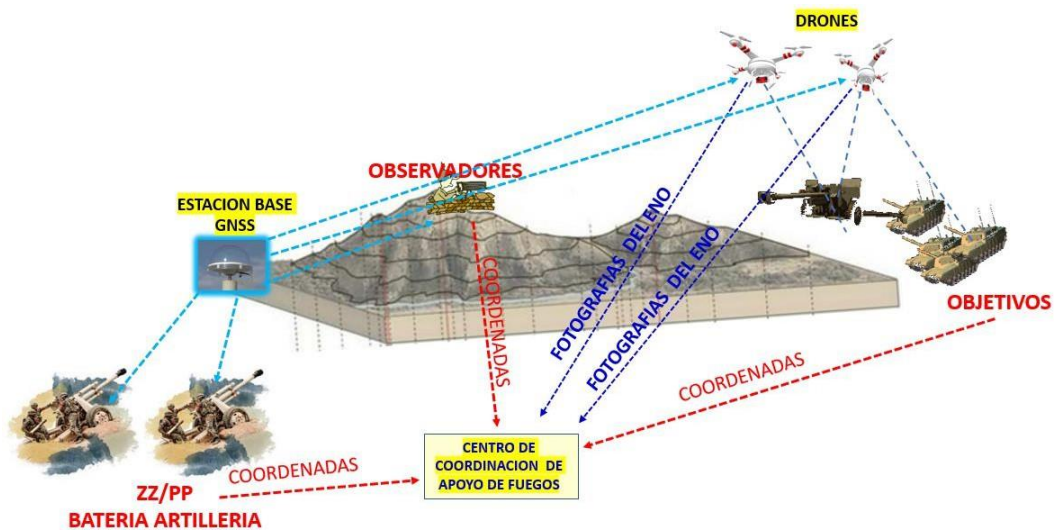
**Nota:**

***En la Zona de Operaciones, se tiene que establecer una estación base GNSS, que provee correcciones geodésicas en tiempo real a todos los elementos presentes en la zona.***

De hecho, que el sistema nacional de catastro (*Ministerio Agricultura, Ministerio Vivienda, Ministerio de transportes y comunicaciones*) han utilizado una "Estación Base GNSS" para el control geodésico/topográfico de la cartografía de las infraestructuras urbana, rurales y vías de comunicaciones de la zona de frontera.

Las Unidades de apoyo de fuegos, las Unidades de maniobra y también las Unidades de apoyo administrativo, requieren disponer de equipos geodésicos de precisión portátiles que permita captar las cuatro constelaciones satelitales existentes (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDUO) y que pueda trabajar de manera autónoma y también conectados a la "Estación Base GNSS".

**Figura 9. Esquema del Centro de Coordinación de Apoyo de Fuegos con la Estación Base GNSS.**



## 2. Empleo de Fotogrametría en Operaciones

La situación de la Zona de Operaciones en la actualidad es muy dinámica, considerando que los elementos tienen mucha velocidad de movimiento reubicando con mucha frecuencia sus coordenadas geográficas; en otras palabras, la carta de situación de la zona de operaciones debe ser en tiempo real (real time kinematics – RTK). En consecuencia, es necesario obtener el geoposicionamiento de los elementos con mucha frecuencia. Los cambios se pueden obtener mediante la fotogrametría usando aviones convencionales, vehículos aéreos no tripulados y también con imágenes satelitales o la combinación de varios medios especialmente el empleo de drones para la información de la situación en tiempo real.

Un aspecto técnico importante es el empleo de una única infraestructura geodésica – IGEOMIL en todas las actividades del empleo de los drones y otros medios de captación de fotografías aéreas.

Durante el proceso de orto rectificación de las fotografías que se debe realizar de manera digital para la obtención de las ortofotos especialmente de la información de los objetivos.

### **3. Cartografía precisa**

Normalmente para el proceso de conducción de la dirección y control del tiro de los medios de apoyo de fuegos se utilizaba (1997-1998) la escala 1:25000 para ubicar los elementos en la plancheta de tiro y complementada por la cartografía 1:100,000 de la zona que no ayudaba mucho considerando que en un 1 centímetro en la carta está la representación de 1 kilómetro en el terreno; por lo tanto, no se puede identificar los detalles del terreno necesarios para la conducción de los medios de apoyo de fuegos.

Actualmente la INFRAESTRUCTURA RURAL – INFRAESTRUCTURA URBANA, utiliza cartografía 1:5000 para el proceso de titulación en los Registros Públicos; por lo tanto, es necesario utilizar esta cartografía en formato digital y si se fuera posible en base de datos relacional para el proceso de planificación y conducción de los medios de apoyo de fuegos. Es factible generar cartografía 1:25000 teniendo como base la cartografía 1: 5000.

### **4. Sistema de información geográfica de los Medios de Apoyo de Fuegos**

Una de las condiciones técnicas más importantes para la conducción de los tiros de los medios de apoyo de fuegos es el geoposicionamiento es decir la ubicación geográfica de los elementos para la conducción del tiro; sin embargo, ahora el terreno del teatro de operaciones está contaminado por las infraestructuras rurales y urbanas por lo que requiere disponer de una infraestructura geodésica que las nuevas tecnologías vigentes nos ofrece.

#### **3.4.1 Objetivo de la propuesta**

Empleo de nuevas tecnologías del Sistema Satelital de Navegación Global – GNSS, en la conducción de los medios de apoyo de fuegos de la 3ra Brigada de Caballería - TACNA.

### 3.4.2 Descripción simple de la propuesta.

La propuesta presentada sobre el empleo de nuevas tecnologías del Sistema Satelital de Navegación Global – GNSS, para la conducción de los Medios de Apoyo de Fuegos de la 3ra Brigada de Caballería – TACNA, está compuesto por los siguientes procesos:

**Figura 10. Procesos generales para el empleo del Sistema satelital de navegación Global.**



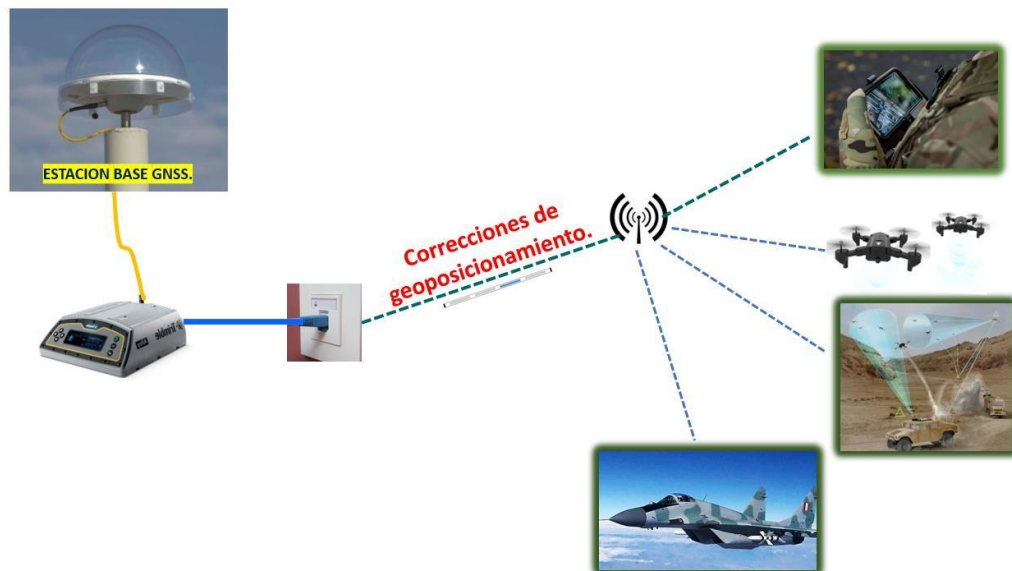
#### Proceso 1:

a Disponer de una **Infraestructura Geodésica militar**, es importante teniendo en consideración las modernas tecnologías vigentes; es necesario utilizar las 4 constelaciones satelitales disponibles GPS, GLONASS, GALILEO y BEIDUO; tenemos la posibilidad de emplear drones aéreos y terrestres de distinta magnitud; también se dispone, de medios de comunicación muy flexibles y potentes.

El **Proceso 1** se materializa con el empleo de una Estación Base GNSS en la zona de operaciones, que sirve de referencia para estandarizar la exactitud de los medios de apoyo de fuegos. Es importante considerar que el apoyo de fuegos realizada por los medios de apoyo de fuego ejecuta normalmente **tiros de zona**, es cierto, pero, los tiros de zona en estos tiempos que vivimos y con la tecnología que disponemos debe ser con precisión mas aun considerando que el terreno de la zona de operaciones está infectado por infraestructuras urbanas y rurales.

La implementación de la “*Infraestructura Geodésica para Operaciones Militares-IGEOMIL*” basado en una *Estación Base GNSS* disponible en la zona de operaciones debería ser controlado y administrado por la Batería de Comando.

**Figura 11.** Esquema de la generación de correcciones desde la Estación Base GNSS.



### Proceso 2:

Este proceso es en esencia lo que se denomina “**Catastro de operaciones militares**”, que tiene como objetivo conocer la situación en tiempo real de los elementos presentes en la zona de operaciones es decir la “Carta de Situación de Operaciones” actualizada.

**Figura 12. Catastro de Operaciones Militares y la Carta de Situación de Operaciones en formato digital.**



La captación del geoposicionamiento de los elementos del campo de batalla se debe realizar mediante el empleo de equipos navegadores que utiliza las 4 constelaciones disponibles GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDUO; estos navegadores recibirán correcciones desde la *Estación Base GNSS* para garantizar la precisión y también la exactitud, necesarias para el planeamiento y conducción del empleo de los medios de apoyo de fuegos en zona de operaciones con presencia de infraestructuras urbanas y rurales.

El empleo masivo de "drones", permite incrementar los resultados de la inteligencia de objetivos y también las actividades de catastro de operaciones que posibilitará la actualización permanente de la carta de situación de operaciones. Además, se podría utilizar "drones" para aumentar la potencia de fuegos. En todas estas actividades es importante que los equipos de geoposicionamiento de los "drones" tengan la referencia de la *Estación Base GNSS*.

Las Unidades de maniobra, también deberían disponer de equipos navegadores que utiliza las 4 constelaciones disponibles.

**Proceso 3:**

La carta de situación de las operaciones del Centro Coordinación de Apoyo de Fuego debería utilizar cartografía 1:5000 que podría generalizarse a 1:25000 cuando se necesario. La carta de situación, será actualizado por la información de geoposicionamiento generada por los elementos presentes en la zona de operaciones y también por información proporcionada por los "drones".

**Proceso 4:**

En el proceso de toma de decisiones para la dirección y control del tiro de los medios de apoyo de fuegos de la 3ra Brigada de Caballería, debe de utilizar la carta de situación de las operaciones del Centro Coordinación de Apoyo de Fuegos que si se establece correctamente los procesos anteriores se dispondrá con información actualizada en tiempo real.

## CONCLUSIONES

1. En la zona de operaciones se requiere implementar una arquitectura tecnológica que permita el empleo de las 4 constelaciones satelitales vigentes actualmente (GPS - USA, GLONASS - RUSIA, GALILEO – UNION EUROPEA y BEIDUO - CHINA); para emplear los medios de apoyo de fuegos de la Brigada con mucha precisión y exactitud, desde el proceso de la inteligencia de los objetivos hasta el proceso de conducción de los tiros de los MAF; considerando que en la zona de operaciones existen gran cantidad de infraestructuras urbanas y rurales.
2. Será necesario fomentar y capacitar en el empleo de equipos geodésicos dentro de la organización de las unidades y organización de los medios de apoyo de fuegos, de las unidades de maniobra además de las unidades de apoyo; además, de utilizar una Estación Receptora Permanente GNSS para obtener buena precisión y exactitud.
3. Considerando que en la probable zona de operaciones existen terrenos agrícolas y áreas urbanas que están controlados por las entidades del Estado mediante cartografía 1:5000; esta cartografía en formato digital debe de servir de base para implementar la carta de situación de operaciones que será complementado con la información de la ubicación geográfica en tiempo real de todos los elementos presentes en la zona de operaciones.
4. Considerando que la inteligencia de objetivos de artillería es el proceso de detección, localización e identificación de blancos enemigos para permitir el empleo eficaz de fuegos de artillería; es necesario potenciar esta actividad con el empleo de DRONES con la condición técnica de que estén conectados a la Estación Receptora Permanente para garantizar la precisión de los datos.
5. Es necesario disponer de una Carta de Situación de Operaciones en digital que debe de contener información de la ubicación geográfica de todos los

elementos presentes en la zona de operaciones en TIEMPO REAL. Este requisito es fundamental dada la tecnología disponible.

6. Es necesario realizar cambios sustanciales en organización funcional del Grupo de Artillería de Campaña N° 20, como respuesta a los cambios de la tecnología y sobre todo a las condiciones orográficas actuales de la zona de operaciones.

## **RECOMENDACIONES**

1. Es necesario que todos los elementos presentes en la zona de operaciones utilicen para su geoposicionamiento las 4 constelaciones satelitales vigentes actualmente (GPS, GLONASS, GALILEO y BEIDUO). Utilizar solo la constelación GPS implica muchas limitaciones de disponibilidad de la cantidad suficiente de satélites.
2. Implementar la Infraestructura Geodésica Militar – IGEOMIL, basada en el empleo de una Estación Receptora Permanente GNSS y los equipos geodésicos para las unidades de los medios de apoyo de fuegos, de las unidades de maniobra y las unidades de apoyo.
3. Implementar la carta de situación de operaciones, utilizando la cartografía 1:5000 ú ortofoto digital generada por COFOPRI - Vivienda para fines de formalización urbana y/o también la utilizada por el Proyecto de Titulación y Registro de Tierras-Agricultura.
4. Fomentar el empleo y capacitación de DRONES para las actividades de inteligencia de objetivos con la condición técnica de que estén conectados a la Estación Receptora Permanente para garantizar la precisión de los datos y que exista coherencia en el geoposicionamiento con la Carta de Situación de Operaciones.
5. Realizar cambios sustanciales en organización funcional del Grupo de Artillería de Campaña N° 20. Cada Batería de Tiro debe de disponer de un equipo navegador GNSS, un drone; además, se debe incluir en la organización a un Sub Oficial especializado en Geomática. En la Batería de Comando se debe disponer de un drone de mediano/largo alcance además de los equipos navegadores GNSS suficientes.
6. En tiempos de paz utilizar los equipos geodésicos y drones para apoyo al sistema de Defensa Civil y otras actividades de apoyo a las organizaciones y poblaciones civiles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Griffioen, O. (2013). *Suitability of Low-Frequency Navigation Systems for Artillery Positioning in a GNSS Denied Environment*. Netherlands: JOURNAL OF NAVIGATION (.
- Guevara, Espinoza, Tavera. (2017). *Empleo de uso de GPS en la ootimización de los trabajos de topografía para el tiro de artillería*. Lima: Escuela Militar.
- Lachapelle. (2018). *High Precision GNSS RTK Navigation for Soldiers and other Military Assets*. Calgary Alberta: University of Calgary.
- Marin, M. M. (2020). *Grupo de Artillería de campaña de cohetes y su empleo en apoyo a las operaciones militares de la Gran Unidad de Batalla*. Lima.
- Mayor Thomas D. Arnold, M. T. (2019). *Cinco lecciones operacionales de la batalla de Mosul*.
- Sathyamoorthy. (2018). *Vulnerabilities of global navigation satellite systems – GNSS signals to jamming and spoofing*. Malasya: Min Defense Malasya.
- Velasco, Vargas. (2019). *EL EMPLEO DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS*. Lima: EMCH.

## ANEXOS

### (1) Anexo 01: Informe profesional.

#### ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI

*"Alma Mater del Ejército del Perú"*



#### ANEXO 01: INFORME PROFESIONAL PARA OPTAR

#### EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN CIENCIAS MILITARES

##### 1. DATOS PERSONALES:

1.01	Apellidos y Nombres	Ruddy Arturo, REZZA SULCA.
1.02	Grado y Arma / Servicio	Teniente Coronel Artillería.
1.03	Situación Militar	Retiro.
1.04	CIP	109148400
1.05	DNI	41985034
1.06	Celular y/o RPM	981820492
1.07	Correo Electrónico	ruddyrezza@gmail.com

##### 2. ESTUDIOS EN LA ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS:

2.01	Fecha_ ingreso de la EMCH	1976
2.02	Fecha_ egreso EMCH	1980
2.04	Fecha de alta como Oficial	01 enero 1980.
2.05	Años_ experiencia de Oficial	20 años.
2.06	Idiomas	Quechua, Español, Inglés.

### 3. SERVICIOS PRESTADOS EN EL EJÉRCITO

Nº	Año	Lugar	Unidad / Dependencia	Puesto Desempeñado
3.01	1980-1981	Challapalca	GAC 11 – DESTO “SANTAROSA”	Jefe de Sección - OCTG
3.02	1982-1983	Arequipa	GAC 501	Jefe de Batería.
3.03	1984	Tacna	GAC 20	Jefe de Batería.
3.04	1985	Julcamarca - Ayacucho	GAC 113 -	Compañía Contresubversiva.
3.05	1986	Iquitos	QRM	Jefe Compañía Policía Militar
3.06	1987	Iquitos	QRM	Instructor 5to CIR.
3.07	1988-1991	Lima	Instituto Científico Tecnológico del Ejército.	Alumno CROCYTE.
3.08	1992-1993	Lima	Ministerio de Defensa	Jefe de la Oficina de Informática.
3.09	1994-1995	Lima	Escuela Superior de Guerra	Alumno CCEM
3.10	1996-1997	Lima	Servicio de Inteligencia Nacional	Jefe de Redes y TI
3.11	1998	Tacna	GAC 20	Comandante de Unidad
3.12	1999-2000	Lima	Servicio de Inteligencia Nacional	Director de la Oficina Técnica de Informática – OTI.

### 4. ESTUDIOS EN EL EJÉRCITO DEL PERÚ

Nº	Año	Dependencia y Período	Denominación	Diploma / Certificación
4.01	1976-1979	Escuela Militar de Chorrillos	Oficial de Artillería	Alférez de Artillería.
4.02	1984	Escuela Artillería	Curso Básico de Artillería.	Curso Básico de Artillería.
4.03	1987	Escuela Artillería	Curso Avanzado de Artillería.	Curso Avanzado de Artillería.
4.04	1988-1991	Instituto Científico Tecnológico del Ejército.	Curso Regular de Oficiales en Ciencia y Tecnología – Ing. Sistemas.	Bachiller en Ingeniería de Sistemas.
4.05	1994-1995	Escuela Superior de Guerra.	Curso de Comando y Estado Mayor.	Egresado del CCEM.
4.06	1999	Escuela Inteligencia del Ejército.	Curso Superior de Inteligencia.	Curso Superior de Inteligencia.

**5. ESTUDIOS DE POSTGRADO UNIVERSITARIO**

Nº	Año	Universidad y Período	Grado Académico (Maestro – Doctor)
5.01	2002	Escuela Post Grado Universidad “Federico Villarreal”	Maestría en Ingeniería de Sistemas.(Concluido).
5.02	2004	Escuela Post Grado Universidad “Federico Villarreal”	Doctorado en Ingeniería de Sistemas. .(Concluido).
5.03	2009	Escuela Post Grado Universidad “Federico Villarreal”	Maestría en Ingeniería de Catastro. .(Concluido).
5.04	2014	Escuela Post Grado Universidad “Cesar Vallejo”	Maestro en Gestión Pública y Gobernabilidad.

**6. ESTUDIOS DE ESPECIALIZACIÓN**

Nº	Año	Dependencia y Período	Diploma o Certificado
6.01	2000 - 2001	CERTIFICACION INTERNACIONAL MCSE	Microsoft Certified Systems Engineer (MCSE)
6.02	2002	Information Systems Audit and Control Association - ISACA	Certified Information Systems Auditor (CISA)

**7. ESTUDIOS EN EL EXTRANJERO.**

Nº	Año	País	Institución Educativa	Grado / Título / Diploma / Certificado
7.01	2009	USA – MIAMI-FL	TRIMBLE TRAINING	REFERENCE STATION NETR8/R9 INSTALLATION CERTIFICATION
7.02	2009	USA – MIAMI-FL	TRIMBLE TRAINING	GPSNET/RTKNET ENGINEERCERTIFICATION
7.03	2009	USA – MIAMI-FL	TRIMBLE TRAINING	INTRODUCTIONTOTRIMBLE INTEGRITY MANAGER
7.04	2009	USA – MIAMI-FL	TRIMBLE TRAINING	INTRODUCTION TO VRS3NET
7.05	2010	USA – DENVER-COLORADO	TRIMBLE TRAINING	INFRASTRUCTURE TIM VRS3NET.
7.05	2010	USA – DENVER-COLORADO	TRIMBLE TRAINING	INFRASTRUCTURE PIVOT VRS3NETAND APPLICATION

**Ruddy Arturo REZZA SULCA**  
**DNI 41985034**



Firmado digitalmente por:  
REZZA SULCA RUDDY ARTURO FIR  
41985034 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 10/12/2025 10:19:47-0500