

VICERRECTORÍA ACADÉMICA DEPARTAMENTO CURSO MONOGRÁFICO

Trabajo Final de Grado para optar por el título de:

Ingeniería en Sistemas de Computación

Título de la monografía:

Propuesta para combatir la deforestación en la Sierra de Bahoruco utilizando IOT y Drones

Elaborado Por

Brian Rafael Mañón Aquino A00096971

Escarlen Franchesca Arias Jaquez A00097094

José Luis Ovalles Santana A00097296

ASESORES:

Willis Ezequiel Polanco Willy Alfredo Padua Ruiz

Coordinación Trabajo Final Curso Monográfico

Dra. Sención Raquel Yvelice Zorob Avila

Distrito Nacional, República Dominicana

2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias al Señor, mi Dios, por haberme guiado a lo largo de mi carrera universitaria, y por ayudarme a superar todos los obstáculos que han surgido a lo largo de la misma. Agradezco de igual manera a mis padres, **Andres Mendez** y **Maria Aquino**, por apoyarme en cada decisión que tomaba, depositando su confianza en mí.

A mi esposa **Ana Soriano** por siempre estar ahí para apoyarme e impulsarme a lograr mis metas y a aterrizar mis ideas y proyectos para llevarlos a cabo.

A mis compañeros de Monográfico, **Escarlen Arias y Jose Ovalles**, con quienes cursé las primeras materias de la carrera y me han acompañado a lo largo de la carrera.

A nuestro asesor de tesis, **Willy Polanco**, por brindarnos su conocimiento durante este proceso. Sin su ayuda, no hubiese sido posible culminar esta etapa.

Por último, quiero agradecer de una forma especial a cada persona que contribuyó de alguna manera a que yo pudiera culminar mi carrera, desde cada uno de mis compañeros de clase hasta las personas que me brindaron un buen consejo o me aclararon algún tema o concepto.

Brian Rafael Mañón Aquino

A Dios por siempre acompañarme, por guiarme en cada decisión tomada, por darme las fuerzas para no rendirme y vencer cada unos de mis obstáculos por forjarme de paciencia, disciplina y entendimiento para cumplir mis metas. Agradezco de igual manera a mis padres, Francia Jaquez y Luis Arias, por apoyarme en cada momento y depositar su confianza en mí.

A mi esposo **Andriw Marizan** por ser mi fuerza y alegría en cada momento, apoyándome e impulsando a lograr mis metas.

A mis compañeros de Monográfico, **Brian Mañon y Jose Ovalles**, quienes han estado desde el inicio demostrando su lealtad y confianza. Siendo equipo a lo largo de esta carrera.

A los maestros de mi carrera, que me han ayudado a obtener los conocimientos necesarios para entrar al mercado laboral y no obstante forjando mis valores para ser un profesional competitivo.

A nuestro asesor de tesis, **Willy Polanco**, por brindarnos su conocimiento durante este proceso.

Por último, quiero agradecer de una forma especial a cada persona que contribuyó de alguna manera a que yo pudiera culminar mi carrera, a cada uno de mis compañeros de clase que siempre estuvieron dispuestos a caminar junto en cada una de las etapas de la carrera.

A Dios por haberme permitido lograr este tan deseado momento en mi vida.

A mi familia y amigos que han estado conmigo en todo momento,

brindándome su apoyo y dedicación.

A mis compañeros de Monográfico, Escarlen Arias y Brian Mañon,

quienes han estado desde el inicio en cada momento de la carrera.

A los maestros de mi carrera, que me han ayudado a obtener los

conocimientos necesarios para desarrollarme como un excelente

profesional.

A nuestro asesor de tesis, Willy Polanco, por brindarnos su conocimiento

durante este proceso.

Por último, quiero agradecer de forma especial a cada persona que

contribuyó de alguna manera a que yo pudiera culminar mi carrera, a cada

uno de mis compañeros de clase que siempre estuvieron dispuestos.

José Luis Ovalles Santana

4

DEDICATORIAS

Le dedico este trabajo de grado primero a Dios y luego a mis padres Andrez Mendez y Maria Aquino por su continuo apoyo, confianza y orientación, siempre brindarme todo lo necesario para cumplir esta meta y otras.

Brian Mañon Aquino

Quiero dedicar el presente trabajo primeramente a Dios, por ser mi sustento. A mi esposo Andriw Marizan por su gran dedicación conmigo por darme ánimo y estar ahí para mi siempre, a mis padres por enseñarme todo lo que se puede lograr con determinación y esfuerzo. Y a mi amiga Mia Rivera por brindarme su apoyo.

Escarlen Arias Jaquez

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, a mis amigos y a todas las personas que directa o indirectamente han aportado al logro de este éxito. Por último y más importante quiero dedicar mi monográfico a Dios.

José Luis Ovalles Santana

ÍNDICE GENERAL

Λ	חי	Λ	Γ	\sim 11 \sim		-	IT	\sim c
ΑU	ᇌ	AC	יםי	۱۱ ب	vii	\Box I)	111	しこ

DEDICATORIAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

AGRADECIMIENTOS	2		
DEDICATORIAS			
RESUMEN			
INTRODUCCIÓN	9		
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	11		
1.1 Planteamiento del problema.	12		
1.2 Justificaciones teórica, metodológica y práctica de la investigación.	13		
1.2.1 Justificación teórica:	13		
1.2.2 Justificación metodológica:	16		
1.2.3 Justificación práctica:	17		
1.3 Objetivos: general y específicos de la investigación.	18		
1.3.1 Objetivo General	18		
1.3.2 Objetivos Específicos	19		
1.4 Tipos de Investigación	19		
1.4.1 Técnicas de investigación	20		
1.4.2 Métodos de investigación aplicados	20		
CAPÍTULO II:	22		
MARCO REFERENCIAL			
2.1 Marco teórico	23		

2.2 Marco conceptual	28
2.3 Marco espacial	33
2.4 Marco temporal:	34
CAPÍTULO III:	35
CONTEXTUALIZACIÓN, ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA DEFORESTACIÓN DE LA SIERRA DE BAHORUCO)E 35
3.1 Origen y Evolución de la deforestación en la sierra de Bahoruco.	36
3.1.1 Deforestación por producción de Carbón y el Factor Haitiano en la Sier de Bahoruco.	ra 37
! !	de 39
3.1.3 Deforestación por producción minera en la Sierra de Bahoruco.	40
CAPÍTULO IV	43
MODELO O INSTRUMENTO DE CAMBIO DE OBJETOS EN LA SIERRA D BAHORUCO PARA COMBATIR LA DEFORESTACIÓN)E 43
4.1 Condiciones previas para el desarrollo de plan de acción.	44
4.2. Estructura y requerimientos del plan de acción.	44
4.3 Métodos, técnicas y procedimientos del plan de acción.	47
CAPÍTULO V:	49
DEFORESTACIÓN EN LA SIERRA DE BAHORUCO UTILIZANDO IOT	-A Y 49
5.1 Introducción.	50
5.2 Presentación de Propuesta .	51
5.3 Distribución territorial de la solución.	52
5.4 Plan de acción ante la identificación de casos	53
5.6 Conectividad	56
5.7 Procesamiento de imágenes con drones.	57
5.8 Solución e inteligencia Artificial	58
5.9 Solución IOT	60
CAPÍTULO VI:	61
DEFORESTACIÓN EN LA SIERRA DE BAHORUCO UTILIZANDO IOT	-A Y 61

	6.1. Introducción a las especificaciones técnicas	62
	6.2 Especificaciones técnicas de conectividad	62
	6.3 Especificaciones técnicas de los drones	64
	6.4 Especificaciones cámara drones	66
	6.5 Especificaciones técnicas IA	69
CA	CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	
	CONCLUSIÓN	71

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito fomentar la forestación en la Sierra de Bahoruco, con el fin de mejorar el equilibrio ecológico ambiental de la zona, tomando en cuenta que esta zona se encuentra en un alto nivel de deforestación y tala de árboles inadecuados causados por la parte de lo mismo habitantes. En primera instancia se realizó un levantamiento de la zona para identificar los casos causados y las horas frecuentadas de estos abusos.

De igual forma para el año 2019 la República Dominicana presentaba datos donde se observa el nivel de deterioro de expansión de las formas de agricultura y ganadería tanto legales como ilegales que contribuyen con más del 60% de la deforestación en el país.

En otro aspecto se planteará una propuesta para combatir la deforestación en parte de la Sierra de Bahoruco en el territorio chapottin Haití, que la misma ayudará a desarrollar la investigación efectiva y mediante la vida descriptiva a través de la modalidad de la investigación documental y de campo, con la aplicación de entrevista, para la recolección de información sobre las condiciones afectadas y el análisis de datos.

Por tal razón, nuestra proposición consiste en abarcar puntos clave de la zona para colocar drones con tecnología IA y IOT que ayudará con la detención de movimientos irregulares en la sierra, que nos alerten de que se cometieron actos ilícitos o movimientos no frecuentados en la demarcación. De tal manera las autoridades correspondientes podrán tomar las acciones de lugar al momento de identificar un caso de actividad ilegal y se podrá evitar dicha incidencia.

INTRODUCCIÓN

Según las estadísticas del Estado de Deforestación de la República Dominicana, uno de los últimos estudios, ratifica que "los recursos forestales naturales, más del 80% de la deforestación ocurre por causa de la extracción de madera, la producción de leña y carbón, el aprovechamiento de otros productos forestales y la expansión histórica de la frontera agrícola. Han sido afectados por la deforestación y el cambio del uso del suelo, sin embargo, las estadísticas muestran que el proceso de reforestación es muy alto comparado con otros países de la región, por lo que requiere una acción de compensación y por tal razón se propuso realizar una propuesta para combatir la deforestación en la Sierra de Bahoruco utilizando IOT y drones.

De manera que el mismo está dividido en seis capítulos que se van a desarrollar en la siguiente monografía:

- 1. Planteamiento Metodológico: En este capítulo se explica la problemática que surge en la Sierra de Bahoruco, por la deforestación acelerada de lo que habitan en esta zona, además se plantean los objetivos, tanto general como específicos, que persigue esta investigación.
- 2. Marco Referencial: En este capítulo se presentará el marco teórico, donde se explicará las diferentes teorías empleadas en el desarrollo de esta investigación; luego se desarrolla el marco conceptual, que es donde se definen los conceptos principales
- 3- Contextualización, origen y evolución de la deforestación de la sierra de bahoruco: En esta parte se presentará datos e información relacionada con la evolución, origen de la zona de investigación y los campos donde se ve afectada la deforestación.

- 4- Modelo o instrumento en la sierra de Bahoruco para combatir la deforestación: Se observará las condiciones previas para ejecutar el plan de acción, estructuras y métodos utilizados como plan de acción en otras ciudades, para obtener una referencia de los parámetros usados sean eficientes para solucionar el problema.
- 5- Estructura de la solución para combatir la deforestación en la sierra de Bahoruco utilizando IOT y drones :Este tiene como objetivo presentar la solución a implementar, como será la distribución, la conexión y las tecnologías que se usarán como medio para brindar un resultado eficaz.
- 6- Especificaciones técnicas para combatir la deforestación en la Sierra de Bahoruco utilizando IOT y drones: Tal cual como está titulado el último tema no menos importante, este tendrá como objetivo describir todas las especificaciones que tendrán los equipos que se van a utilizar como medio para llevar a cabo el plan de acción.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 Planteamiento del problema.

La cubierta boscosa de la tierra representa un activo de alto valor para la vida en la planeta por su participación en el enriquecimiento del suelo, la preservación de las cuencas hidrográficas, la purificación del aire y generación de oxígeno, además de albergar en sus adentros una gran parte de la biodiversidad de especies en el planeta. Por estas razones los bosques fungen un papel fundamental en la estabilidad de las sociedades humanas al ser fuentes de recursos naturales necesarios para la vida humana y otras formas de vida en la tierra. En la realidad particular de la República Dominicana, la Sierra de Bahoruco es una importante extensión de tierra, que representa una fuente de sostenibilidad vital para los dominicanos de la región suroccidental de la isla.

Al igual que en muchas de las superficies boscosas de toda la tierra, la Sierra de Bahoruco ha presentado un importante deterioro en los últimos años amenazando las formas de vida que alberga y a las comunidades que dependen de ella debido a los efectos inadecuados de la actividad humana y la deforestación.

Uno de los graves problemas, que se viene evidenciando a lo largo de los últimos años a nivel nacional es la tala indiscriminada de diversos árboles nativos propios del lugar e incluso exóticas dejando como consecuencia una total deforestación en algunos sectores. Uno de los lugares más afectados por esta práctica es la Sierra Bahoruco, esto se debe al asentamiento poblacional, uso inadecuado y tala indiscriminada de los bosques. Sino se efectúa un cambio en el ritmo de la deforestación por la actividad humana sobre la Sierra de Bahoruco, la destrucción ambiental de esta representaría un impacto significativo para la supervivencia de las especies endémicas que solo existen dentro de ella y para la sostenibilidad de las comunidades cuyas actividades comerciales y su calidad de vida dependen de los recursos naturales que esta ofrece. Estando conscientes

de esta problemática alarmante, se presenta la necesidad de ofrecer mecanismos para fortalecer los esfuerzos de mitigación de la deforestación en la Sierra.

1.2 Justificaciones teórica, metodológica y práctica de la investigación.

1.2.1 Justificación teórica:

El desarrollo de la actividad humana representa un costo al equilibrio medioambiental y a la sustentabilidad de la vida en todos sus sentidos. En los últimos años los efectos de la contaminación gracias a la actividad humana, el calentamiento global y las prácticas agropecuarias agresivas han impactado negativamente el estado del medio ambiente y la cubierta boscosa que recubre una parte de la corteza terrestre. Todo esto debido a la deforestación (que son todas las actividades o acontecimientos que se encuentran involucrados en deterioro de esta capa boscosa son denominados como deforestación).

Extrapolando esta realidad de la cubierta boscosa y su deforestación en el marco de esta investigación, la República Dominicana como parte de una isla de recursos limitados tiene un ecosistema bastante delicado en términos de sostenibilidad ambiental. Una pérdida forestal importante estaría afectando negativa y significativamente la estabilidad de comunidades enteras, la capacidad productiva de la tierra para el cultivo, el volumen de agua potable y la biodiversidad, todo esto en detrimento de la estabilidad socioeconómica y la importante vida silvestres del país.

La deforestación es un problema considerable para la República Dominicana, su delicado equilibrio, la presión extranjera, y la falta de control efectivo sobre las actividades ilícitas de deforestación representan una

preocupación alarmante para la sustentabilidad de las comunidades más cercanas a estas zonas.

De acuerdo con el informe final de Identificación de las Causas de la Deforestación y la Degradación de las bosques en la República Dominicana, emitido por el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD) en el 2011; En la República Dominicana más del 80% de la deforestación ocurre por causa de la extracción de madera, la producción de leña y carbón, el aprovechamiento de otros productos forestales y la expansión histórica de la frontera agrícola.

En este sentido, la República Dominicana presenta una gran presión extranjera por la alta deforestación del vecino país Haití el cual consume la mayoría de sus productos forestales para la generación de carbón. En la última década el área boscosa de Haití se ha reducido significativamente y su indice de reforestación humana y regeneración natural de sus bosques es inferior al 2%. (Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s/f). Global Forest Assessment 2020. Recuperado el 29 de julio de 2021, de Fao.org website: http://www.fao.org/3/ca9825en/ca9825en.pdf)

En los últimos 100 años los recursos forestales de Haití se han reducido en un 60%, dejando la superficie terrestre de Haití deforestada en un 96% (Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s/f). Global Forest Assessment 2010. (S/f). Recuperado el 29 de julio de 2021, de Fao.org website: http://www.fao.org/3/i1757e/i1757e.pdf)

De acuerdo con un informe publicado en octubre del 2016 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, más del 90% de la población urbana de Haití depende del carbón para cocinar, incluyendo microempresas como restaurantes panaderías, lavanderías y destilerías que encuentran en estos recursos su principal fuente de energía.

La estimación del PNUMA es que cada año se consumen entre 2.5 y 7.3 millones de bolsas de carbón para cocinar, solo en Puerto Príncipe, sin incluir las demás provincias del vecino país. Esto representa el corte de entre 30 y 50 millones de árboles equivalentes a 4.3 toneladas de madera que son consumidos anualmente principalmente por las PyMES.

El estado crítico en el se encuentra Haití ha llevado a su población a buscar en la República Dominicana el carbón para más del 90% de su población que lo utiliza como fuente de energía.

Esta situación se presenta especialmente en las 5 provincias fronterizas, con una mayor concentración en la provincia de Pedernales, por compartir en su frontera la Sierra de Bahoruco, una frondosa zona protegida de gran complejidad ambiental, ecosistémica y climática, y que por supuesto contiene una gran cantidad de recursos forestales. Del lado haitiano la sierra se encuentra completamente deforestada y del lado dominicano empieza verse bastante afectada por el comercio ilícito de recursos del bosque.

La Sierra de Bahoruco ha sido reconocida como reserva de la biósfera por la Unesco debido a su gran valor en términos de biodiversidad, ecosistemas, por albergar en ella la mayor cantidad es espécies endémicas del país, por producción de agua y por ofrecer seguridad alimentaria para una gran cantidad de habitantes de la zona suroccidental de la isla. A razón de lo explicado anteriormente esta investigación reconoce la necesidad de ofrecer mecanismos de monitoreo para la identificación de actividades ilícitas de deforestación.

Por medio de los mecanismos de monitoreo se busca ayudar a fortalecer los esfuerzos del estado e instituciones que luchan por preservar la estabilidad medioambiental de la sierra en la línea fronteriza a beneficios de los sectores que dependen de la misma.

1.2.2 Justificación metodológica:

De acuerdo con un informe del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés) en la actualidad se han empezado a utilizar diferentes aplicaciones de tecnología para monitorizar el uso de los suelos en las selvas. En junio de 2020 la WWF publicó un informe sobre cómo las tecnologías de los drones están ayudando a los pueblos indígenas del amazonas Brasil como el de los Uru-Eu-Wau-Wau a monitorizar los cambios en el uso de la tierra y la deforestación por madereros e incendios forestales. El uso de Drones les ha permitido tener una visión precisa sobre de dónde se encuentran los puntos amenazados de la selva. (Protectors of the Amazon. (n.d.). Retrieved June 9, 2021, from Org.uk website: https://www.wwf.org.uk/updates/protectors-amazon).

Se logra evidenciar la eficacia del uso de drones con los esfuerzos que se están realizando para la preservación de los orangutanes de la selva de Borneo con la cual se logra identificar los orangutanes mediante el uso de drones equipados con cámaras termográficas. Una alternativa eficaz a los métodos de recuento utilizados anteriormente. (Counting orangutans with thermal imaging technology. (n.d.). Retrieved June 10, 2021, from Org.uk website: https://www.wwf.org.uk/success-stories/counting-orangutans-therma l-imaging-technology). Esta referencia demuestra las posibilidades de encontrar personas en movimiento y poderlas identificar en horas de baja visibilidad.

Otras de las tecnologías altamente eficaces en la lucha contra la deforestación son el Internet de la Cosas (IoT por su siglas en inglés) y las tecnologías de Inteligencia Artificial como Machine Learning, Deep Learning, Visual Recognition y Cognitive Intelligence. En este sentido existen implementaciones que han aportado un gran valor al reconocimiento de zonas de riesgo de deforestación como Ewa Guard, una solución que por medio de la integración de la AI, IoT y Drones logran mapear zonas

boscosas enteras, pudiendo identificar cada árbol con su tipo, nivel de crecimiento y estado de salud (basado en su imagen visual). Eure, J. (2020, November 11). Our Forests Are in Trouble. Al Can Help Save Them.LenovoStoryHub.https://news.lenovo.com/our-forests-are-in-trouble-ai-can-help-bytelake/

1.2.3 Justificación práctica:

El avance de la deforestación en la Sierra de Bahoruco representa un alto riesgo que amenaza a las comunidades que la circundan en las provincias de Pedernales, Barahona e independencia, aparte de esto, el efecto de la deforestación tiene un impacto directo sobre la producción agrícola que abastece de productos como aguacates y papas para el consumo local en toda la República Dominicana.

La deforestación hace más susceptibles a las comunidades debido a las amenazas de inundaciones y desplazamiento de las tierras ante los huracanes o lluvias torrenciales.

Considerando también la importancia de la biodiversidad que tiene esta región del país, la deforestación tiene un impacto grave sobre la gran diversidad de especies endémicas que existen en la República Dominicana, la reducción de la zonas boscosas de esta región representaría la destrucción del hábitat de miles de especies que la ocupan y que hacen de la Sierra de Bahoruco una reserva de la biosfera reconocida por la Unesco. De acuerdo con León YM. 2014. Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Propuesta para inclusión a la Lista de Áreas Especiales Protegidas del Protocolo de Áreas y Vida Silvestre Especialmente Protegidas del Gran Caribe de la Convención para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe (Convención de Cartagena). Documento borrador, Grupo Jaragua, Santo Domingo.

http://www.grupojaragua.org.do/documents/SPAW_propuestaSdB2_GrupoJaragua.pdf

Por último se debe destacar el impacto que tendría la deforestación sobre la calidad de la tierra para la agricultura y sobre las reservas de las cuencas de agua. La eliminación de la corteza boscosa de la Sierra tendría un alto impacto sobre las provincias Pedernales, Independencia y Barahona, siendo estas provincias una de las más afectadas por las sequías y teniendo grandes proporciones de tierra que se encuentran completamente secas, por lo que su deforestación tendría un impacto aún mayor en la conservación de las cuencas hidrográficas que surten de agua a estas provincias y sus comunidades.

Este proyecto de investigación busca aportar con el desarrollo de herramientas que ayuden con la lucha en contra de la deforestación de la Sierra de Bahoruco y con ello se trabaja en beneficiar a todos los sectores socioeconómicos de la región y de todo el país que se ven vulnerables por la destrucción de la Sierra considerando que una parte importante de la población dominicana se ve beneficiada de forma directa o indirecta por los recursos naturales y las condiciones medioambientales que aporta esta importante zona protegida.

1.3 Objetivos: general y específicos de la investigación.

1.3.1 Objetivo General

Proponer mecanismos tecnológicos que ayuden a preservar el ecosistema de la Sierra Bahoruco en la República Dominicana por medio de la prevención de la deforestación.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar zonas de la sierra de Bahoruco más propensas a la deforestación.
- Investigar el estado de deforestación (y sus principales causas) de la Sierra de Bahoruco en la provincia de Pedernales.
- Desarrollar una solución de Internet of Things, Artificial Intelligence y Drones para identificar zonas de tala ilegal, monocultivos, producción de leña y carbón vegetal y el contrabando de dichas producciones.

1.4 Tipos de Investigación

1.4.1 Investigación De Campo: Se trata de la investigación aplicada para comprender y resolver alguna situación, necesidad o problema en un contexto determinado. El investigador trabaja en el ambiente natural en que conviven las personas y las fuentes consultadas, de las que obtendrán los datos más relevantes a ser analizados, son individuos, grupos y representaciones de las organizaciones científicas no experimentales dirigidas a descubrir relaciones e interacciones entre variables sociológicas, psicológicas y educativas en estructuras sociales reales y cotidianas.

La de campo o investigación directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio. Este método se aplicó durante el desarrollo de la investigación.

1.4.2 Investigación Descriptiva se encarga de puntualizar las características de la población que está estudiando. Esta metodología se centra más en el "que", en lugar del "por qué" del sujeto de investigación.

Investigación Documental. La investigación bibliográfica o documental consiste en investigar toda clase de: libros, textos, revistas de carácter científico, artículos de prensa, folletos, documentos, enciclopedias, trípticos, internet, hojas volantes y cualquier material escrito, que se refiera a cualquier tema de investigación.

Constituye la recopilación de investigación científica misma que se encuentra ya sea en las investigaciones públicas y privadas, las mismas que servirán de ayuda para la investigación.

1.4.1 Técnicas de investigación

Para esta investigación obtendremos información por medio de diferentes métodos:

- Consulta de expertos. Mediante esta técnica obtendremos las informaciones concernientes a qué es la deforestación, cómo proceden los atacantes, cómo evitarlos y otro tipo de información útil que nos puedan proporcionar que aporte a la investigación.
- **Entrevistas.** Es una técnica orientada a establecer contacto directo con las personas que se consideren fuente de información.

1.4.2 Métodos de investigación aplicados

El método de la investigación será **analítico**, mediante este método se realizará una exhaustiva investigación de información, para demostrar la realidad de dicha zona deforestada.

En ese mismo sentido, otro método a utilizar será el **descriptivo**, el cual se utilizará para describir las características más a fondo de los acontecimientos que están ocurriendo en la actualidad. Y por último no

menos importante se usarán los **métodos empíricos** que nos ayudaran hacer más determinante para brindar una solución más eficaz al problema.

CAPÍTULO II:

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco teórico

Diversas investigaciones de tecnología aplicada ofrecen una perspectiva crucial para el desarrollo sostenible en materia de preservación forestal y biodiversidad. Algunas de sus muchas referencias de éxito incluyen sus logros más recientes en uso de Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas y Drones como soluciones independientes que han demostrado ser aliados poderosos en la lucha contra la deforestación de los bosques esenciales para la vida en la tierra.

Una notable referencia sobre el uso de tecnología de drones para combatir la deforestación publicado en 2019 es el de los indígenas peruanos Tikuna que usan drones para poder controlar el avance de la deforestación debida a las talas ilegales y los incendios. La tecnología de punta llega a la selva y ellos, los indígenas peruanos Tikuna, la usan para luchar contra la deforestación. Estos guardianes de la selva cuentan con nuevas armas: pequeños drones. Nuevos aliados para descubrir zonas invadidas por madereros o narcotraficantes con el objetivo de plantar coca. La tecnología de los drones ha llegado al Amazonas para quedarse. Estos pequeños dispositivos están ayudando a preservar un territorio que supone al menos el 25% de la superficie americana y que alberga al menos una cuarta parte de las especies de todo el planeta. Un territorio, amenazado por muchos actores, que los Tikuna han jurado defender." (Drones contra la deforestación de la Amazonia. (2019, September 20). Retrieved June 9, 2021, from Euronews.com website: https://es.euronews.com/2019/09/20/drones-contra-la-deforestacion -de-la-amazonia)

En este mismo tenor se presenta el informe publicado por el Fondo Mundial para la Naturaleza sobre los esfuerzos que se están realizando para la

preservación de los orangutanes de la selva de Borneo: "Una colaboración científica innovadora entre astrofísicos y ecólogos de la Universidad John Moores de Liverpool, HUTAN y WWF vio la tecnología normalmente utilizada para estudiar estrellas que se utilizan para identificar orangutanes. Mediante el uso de drones equipados con cámaras termográficas, esperan encontrar una mejor manera de detectar a los grandes simios en el dosel del bosque de Borneo utilizando sus firmas de calor. Una alternativa eficaz a los métodos de recuento utilizados anteriormente. La colaboración de la WWF con la Universidad John Moores de Liverpool probó la viabilidad de la tecnología de imágenes térmicas y drones para monitorear orangutanes en Sabah con gran éxito. Los astro-ecologistas ahora están desarrollando un algoritmo de aprendizaje automático para diferenciar las especies animales, basándose en su huella digital térmica única. Puede que no pase mucho tiempo hasta que esta tecnología se utilice más ampliamente para tener un impacto real en la conservación, no solo para los orangutanes sino también para otras especies." (Counting orangutans with thermal imaging technology. 10. 2021. (n.d.). Retrieved June from Org.uk website:https://www.wwf.org.uk/success-stories/counting-orangutans-therma <u>l-imaging-technology</u>)

Este último avance específico sobre la integración de sistemas de identificación de la huella térmica en los drones puede aplicarse en personas, significando un importante desarrollo para las soluciones de protección contra la deforestación en relación al contrabando que ocurre en las zonas boscosas deforestadas durante las noches que es cuando sacan el material forestal ilegal de las zonas afectadas del suroeste de la República Dominicana.

Otra de las tecnologías cuya existencia juega un papel vital en el marco de la lucha contra la deforestación es el de las IoT. El vivo ejemplo de esto es el proyecto Sea The Forest, una solución que "involucra un sistema de detección de incendios a base de sensores que captan las emanaciones

que pueden aparecer hasta 12 minutos antes que el humo sea visible" superando por mucho los sistemas de monitoreo tradicionales que involucran cámaras detectoras las humo acompañadas de la supervisión humana. Considerando las condiciones de cada tipo de bosque, los sensores de este innovador sistema IoT son capaces de analizar las condiciones del ambiente, la temperatura y humedad del aire para determinar la existencia de incendios de una forma eficaz. El algoritmo integrado en esta implementación se encarga de lanzar una alerta cuando los indicadores del entorno se salen de sus parámetros preestablecidos.

La solución se encuentra desplegada en una red nodos (sensores) wireless de bajo consumo energético, los cuales al desplegarse en los árboles del bosque monitorean el espectro ambiental cada 90 segundos y generan un reporte que se sincroniza en un punto central de la red donde son analizados por medio de un motor de inteligencia artificial que es capaz de detectar los incendios y notificar por correo, sms y otros canales personalizados la existencia del siniestro. Esta solución le permite a los equipos de guardabosques desplegar sus planes para abatir el incendio en los primeros momentos de su formación, que es la etapa más crucial para el manejo efectivo del incendio.

Este ejemplo de solución loT demuestra la facilidad con la podrían detectarse hornos de carbón e incendios en el interior de la Sierra de Bahoruco. Logrando demostrar de manera clara la eficacia de las loT en el contexto específico de la investigación. ENTEL OCEAN CORPORATION. (2019). Memoria Corporativa 2019. Recuperado de Centro de Información Bursátil Electrónico, Santiago de Chile http://cibe.bolsadesantiago.com/Noticias/Avisos%20Generales/MEMANU_20200721111524_86626.pdf.

Por otro lado, actualmente se han dado a conocer importantes avances de las tecnologías de inteligencia artificial (AI, por sus siglas en inglés) en materia de conservación del medio ambiente, estas involucran un conjunto amplio de tecnologías derivadas que tiene aplicación en un amplio número de contextos. Aplicada a la conservación forestal e integradas a otras ciencias como loT y Drones, estas tecnologías tienen el potencial de transformar el rumbo de la tierra y todo lo conocido hasta el momento en cuanto a soluciones de conservación ambiental se refiere.

Una implementación reciente que evidencia este avance es la solución, desarrollada por la compañía polaca byteLAKE en colaboración con la empresa multinacional china Lenovo, llamada EWA Guard. Esta tecnología avanzada utiliza video de drones de alta resolución para capacitar a las computadoras en cómo identificar visualmente árboles jóvenes y saludables y poderlos diferenciar de los que están en peores condiciones lo que hace que la protección de los bosques sea más rápida, más precisa y salva vidas para estos frágiles ecosistemas. Consiste en una integración de diferentes tecnologías que conforman un sistema impulsado por inteligencia artificial, que les permite contar árboles sin tener que pisar el bosque. Su misión es monitorear la salud de los bosques con velocidad y eficiencia antes de que sea demasiado tarde para ellos.

ByteLAKE & Lenovo. (s/f). Recuperado el 17 de julio de 2021, de Lenovo.comwebsite: https://www.lenovo.com/in/en/smarter/smart-conservativon-protects-food-security/saving-forests-with-ai/

Eventualmente, la tecnología de EWA Guard será capaz de identificar la especie exacta de árbol, sin embargo, actualmente es demostrable que los mapeos que pueden realizarse en la solución son bastante útiles para identificar la desaparición de un árbol específico de una zona boscosa determinada. Por lo que se puede lograr desarrollar una solución bastante efectiva en el contexto de la lucha contra la deforestación que se libra en la sierra de Bahoruco y otras regiones críticas del mundo por la tala ilegal.

Ofreciendo una mirada técnica, la solución EWA Guard utiliza la potencia del aprendizaje asistido por computador, reconocimiento visual y machine learning potenciada por HPC (High Performance Computing), para poder identificar el estado de los árboles de las áreas mapeadas. Esta configuración sienta un precedente potente e importante para las soluciones planteadas dentro del contexto de esta investigación.

Rojek, M. (2020, septiembre 21). Ewa Guard, artificial intelligence will clean up the world. Recuperado el 17 de julio de 2021, de Medium website: https://marcrojek.medium.com/ewa-guard-artificial-intelligence-will-clean-up-the-world-d13448bd19fa

2.2 Marco conceptual

La investigación sobre la deforestación en la sierra de bahoruco busca encontrar una solución a esta problemática latente de la zonas fronterizas en la República Dominicana haciendo uso de las tecnologías IOT entre otras para la lograr reducir y posteriormente mitigar la deforestación en el área geográfica antes mencionada. para esto es importante definir algunos conceptos que serán utilizados en el desarrollo de este trabajo de investigación como lo son Drone, IOT, aplicación entre otros.

Según la universidad VIU (2018) sugieren que la definición de Dron es la siguiente

Son vehículos de uso aéreo no tripulados capaces de ser controlados mediante control remoto a una distancia previamente definida.

Tomando como referencia el artículo escrito por Onionlab (Lab, 2020), donde describen el mapeo 3D de la siguiente forma.

Esta es una técnica utilizada para proyectar imágenes sobre superficies de áreas planas o con volumen para hacer que encajen de forma perfecta sobre una superficie determinada.

En cuanto a lo que es una aplicación hemos tomado como referencia la definición del concepto de (Definición, 2021) en el cual definen el término de la siguiente forma.

Aplicación es todo software que permite a los usuarios realizar una actividad o tarea previamente definida al momento del desarrollo de la misma.

Los sensores son un importante recurso para las tecnologías IOT que usaremos en esta investigación es por esto que tenemos que agregar este concepto y para explicar lo que es un sensor hemos utilizado las referencias de la página web (Teja, 2021) con las cuales podemos definir sensor de la siguiente forma.

Sensores son dispositivos de entrada con la capacidad de proveer una señal de salida con respecto a una entrada en específico. (Teja, 2021).

Las tecnologías IOT son uno de los pilares claves de esta investigación por tanto es muy importante dejar claro en qué consisten estas tecnologías, auxiliándose en la investigación realizada por la especialista (Gracia, 2019) podemos decir que el término IOT hace referencia a lo siguiente.

IOT es la tecnología que se encarga de la interconexión y agrupación de dispositivos y objetos del mismo tipo o diferentes dentro de una red que les permita estar visibles para interaccionar.

La deforestación es la base de nuestra investigación luego de investigar en varias fuentes encontramos que (Soto, 2020) es muy acertado en su investigación donde especifica lo que para nosotros sería la definición perfecta del concepto deforestación.

La deforestación no es más que el hecho de la pérdida o reducción de una zona boscosa determinada debido a actividades naturales o humanas.

Esto es una nueva tecnología de inteligencia artificial la cual según (Lecun, 2019) se pudiera explicar de la siguiente forma.

Es una nueva tecnología de inteligencia artificial la cual está fundamentada casi en su totalidad en un aprendizaje supervisado lo cual permite que luego de una configuración previa y la exposición a varios escenarios arroje resultados aceptables en áreas de recolección masiva de datos.

Para una correcta implementación de este proyecto es imperativo el uso de las tecnologías de Machine Learning la cual guiándonos de la investigación realizada por (IBM, 2019) podemos mencionar lo siguiente.

El machine learning es un tipo de inteligencia artificial que dota a los sistemas de la capacidad de aprender de los datos previamente recolectados en lugar de aprender con un método de programación explícita.

La tecnología de Visual Recognition es por así decirlo la más importante dentro de nuestro proyecto, debido a que con esta vamos a poder detectar las zonas que están siendo deforestadas para explicar que es este tipo de tecnología hemos tomado como referencia el trabajo producido por (WATSON, 2015) donde nos muestran el funcionamiento de la tecnología.

Tecnología basada en Machine Learning que dota a un sistema con la capacidad de aprender y tomar decisiones de forma visual a través de los datos previamente recolectados y cargados en el sistema para determinar escenarios específicos.

La inteligencia cognitiva juega un rol muy importante en cuanto al desarrollo de la solución que planteamos para eliminar la deforestación en la sierra de Bahoruco, para explicar el término nos hemos nutrido de la investigación realizada por (Telefonica, 2015) donde expresan lo siguiente.

La inteligencia cognitiva es una tecnología que parte de la inteligencia artificial y representa una parte importante de la misma dotando las herramientas como websites y bots con la capacidad de ver, oír, hablar y comprender las necesidades del usuario a través del lenguaje natural.

Big data este es un concepto muy utilizado en los últimos tiempos aunque este concepto nace alrededor de inicio de los 2000, según la investigación realizada por (Oracle, 2017) en el que hacen mención de la definición realizada por Gartner, que es considerada la definición de referencia para Big Data.

Estos son datos que contienen una mayor variedad y que se presentan en volúmenes crecientes y a una velocidad superior. por lo cual podemos intuir que este se forma de conjuntos de datos con un mayor tamaño y con una complejidad más avanzada, especialmente los procedentes de nuevas fuentes de datos.

La WWF es una organización que tiene como objetivo la preservación de la naturaleza a nivel global. (WWF, 2012).

Esta es una de las principales organizaciones de conservación de la naturaleza a nivel global enfocando sus acciones en 6 objetivos los cuales son especies, bosques, océanos, agua dulce, alimentación y clima.

Las imágenes en 4K hacen referencia a una imagen con una calidad más que HD con una resolución definida de aproximadamente 4,000 pixeles, tal como menciona (Sony, 2021)

4K y 8K se refiere a una imagen en ultra alta definición (Ultra HD) con una resolución horizontal de aproximadamente 4,000 y 8,000 píxeles respectivamente. Los píxeles son los puntos que forman la imagen de un televisor. K significa aproximadamente 1,000. Cuantos más píxeles, más nítida es la imagen.

La computación de alto rendimiento (HPC) es un tipo de tecnología que que dota a un sistema informático con la capacidad de procesar altos volúmenes de información en un tiempo relativamente rápido (NetAPP, 2021)

La computación de alto rendimiento (HPC) representa la capacidad de procesar datos y realizar cálculos complejos a velocidades muy altas.

2.3 Marco espacial

La Sierra de Bahoruco es una área protegida que está ubicada en la República Dominicana. que tiene aproximadamente **1,100 km2** de extensión, situada entre los paralelos y meridianos (WGS84) 18°24'28.8"N, 17°53'42"N 71°47'52.8"O y 71°04'33.6"O. Se trata de un macizo con amplia diversidad de procesos, formas, ecosistemas y formaciones vegetales. Guarda además registros morfológicos y sedimentarios de un cambiante pasado morfoclimático.

El Parque Nacional Sierra de Bahoruco abarca parcialmente el territorio de las provincias Pedernales, Independencia y Barahona. Un 55% del Parque es parte de la provincia Pedernales, un 36% es parte de Independencia y el restante 9% Barahona. Salvo Río Arriba, Monte Palma y El Limonal, tres asentamientos dispersos cuya población es itinerante, no hay comunidades dentro del Parque, pero sí mucha actividad primaria.

En sentido general, la Sierra de Bahoruco está despoblada, porque su relieve es abrupto. En esta sierra encontramos montañas de más de 2,000 metros de altura. La sierra tiene una longitud de aproximadamente 70 kms en dirección noroeste-sureste. La sierra es un macizo de origen volcánico del período cretácico (desde hace 145 hasta 66 millones de años) y cubierto luego por una capa de sedimento calcáreo de origen marino, esto quiere decir que toda la sierra estuvo alguna vez sumergida bajo el mar y en su mayoría habitada por corales que dejaron sus sedimentos.

Posee un clima muy variado, yendo desde lo muy seco a lo muy húmedo. Las variaciones de temperatura en el área son muy marcadas. Las temperaturas promedios en las partes bajas de la Hoya de Enriquillo y del Procurrente Sur de Barahona son de unos 28° C. Subiendo la sierra, la temperatura baja 1.5° C por cada 100 m.

El área geográfica específica definida para la implementación de la solución propuesta en la investigación, se encuentra en la Caseta del Parque Nacional Sector Zapoten. Está a una distancia lineal de 700 metros de la frontera de Haití, siendo Chapottin (en Haití) su comunidad más cercana. La zona tiene un perímetro de 2,82 KM. Las coordenadas geográficas de la mismas se encuentran en los paralelos y meridianos 18°18'47"N 71°42'19"W.

Jose Ramon Martinez, (2012). Sierra de Bahoruco Occidental República Dominicana [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla].

website: https://www.geografiafisica.org/wp-content/uploads/2013/02/tesis_d octoral sierra bahoruco version pequena.pdf

2.4 Marco temporal:

El tema de esta investigación se delimitará entre los años 2019-2021 en la República Dominicana.

El cual se efectuará en el lapso de 4 meses desde el mes de Mayo hasta Agosto del año 2021, en el que se desarrollarán las propuestas para solucionar el problema de investigación.

CAPÍTULO III:

CONTEXTUALIZACIÓN, ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA DEFORESTACIÓN DE LA SIERRA DE BAHORUCO

3.1 Origen y Evolución de la deforestación en la sierra de Bahoruco.

Por su gran abundancia en recursos naturales y amplia biodiversidad endémica, la sierra de Bahoruco tiene un importante valor que le ha hecho merecedor del título de área protegida. A pesar del reconocimiento de su importancia, el parque nacional Sierra de Bahoruco se encuentra amenazado desde antes de sus orígenes en 1983 por las producciones agropecuarias que degradan el suelo, la producción de carbón vegetal para el consumo humano, la contaminación y el cambio climático.

El problema de la deforestación en la zona tiene un origen principalmente cultural, la actividad humana de las comunidades, la tala indiscriminada, el crecimiento de las comunidades que ocupan el parque, la producción de carbón, la actividad agropecuaria y minera, son actividades que se han estado desarrollando hace bastante tiempo en la zona y son parte del que hacer vivencial de sus habitantes y empresas que de forma intrusiva tienen acceso a los recursos de la sierra.

Los asentamientos humanos son dispersos y en general en el entorno exterior del parque. Salvo El Mogote, Río Arriba y Monte Palma, no hay comunidades permanentes dentro del Parque; de éstos, los dos últimos tienen una población itinerante. De su entorno, los asentamientos más importantes son Las Mercedes, Mencía, Aguas Negras, La Altagracia, Mapioró, Macandela, El Higüero, Polo, Río Arriba, Los Saladillos, Salinas, Palmar Dulce, Mella, Duvergé y Puerto Escondido. Existen además campamentos temporales de haitianos en rutas de migración en los sectores cimeros del Parque. La actividad a la que más gente se dedica por cuenta propia es la agropecuaria. (De acuerdo con León YM. 2014)

A pesar de que los asentamientos humanos permanentes dentro de la zona protegida son dispersos, se tiene registro de que en las últimas décadas la

sierra ha sido afectada gravemente por sus altas prestaciones y singularidad.

3.1.1 Deforestación por producción de Carbón y el Factor Haitiano en la Sierra de Bahoruco.

La tala de árboles excesiva para la obtención de carbón inició como un proceso cultural común. Para la década de los 70's en la República Dominicana no existían políticas públicas que favorecieron el uso de otras fuentes de energía para la preparación de alimentos y otros usos, por lo que el uso de carbón vegetal formó parte de la cultura dominicana durante muchos años y los efectos de esta práctica se empezaban a evidenciar drásticamente en los recursos forestales. Para beneficio del país, en 1972 se desarrolló un proyecto de ley que incentivaba un cambio en la cultura del uso del carbón y otros productos forestales como fuente principal de energía. (Secretaría de Estado de Industria Y Comercio., S. de E. (1972). Reglamento 2119-72 sobre Regulación de Gases Licuados. Recuperado el 29 de julio de 2021, de Gob.do website: https://www.aduanas.gob.do/media/2527/2119-72 sobre regulacion gases licuados.pdf)

El gobierno dominicano incentivó a la población a utilizar fuentes no provenientes del bosque como el gas propano. Por medio de campañas de donación de estufas y tanques de gas se cambió para siempre la cultura del uso de productos forestales al uso de gas propano para cocinar y otras actividades dependientes de la energía térmica. Sin embargo, frente a la República Dominicana, la otra cara de la isla, Haití, se quedó atrás en términos de renovación de energías, y desde sus orígenes hasta la fecha el ritmo de deforestación del país ha seguido hasta dejar el 96% de su territorio completamente deforestado. Actualmente más del 90% del país depende exclusivamente del carbón vegetal para cocinar alimentos y los productos forestales representan el 75% de las fuentes de energía que

utilizan. (Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s/f). Global Forest Assessment 2020. Recuperado el 29 de julio de 2021, de Fao.org website: http://www.fao.org/3/ca9825en/ca9825en.pdf).

El estado de deterioro de los bosques de Haití sumado con su alta dependencia a los productos forestales los ha llevado a una caza sin precedentes de los bosques dominicanos que se encuentran más cercanos a la frontera, y en este contexto se tiene a la Sierra de Bahoruco como una de las zonas protegidas dominicanas de mayor importancia que sufren las consecuencias de esta alta demanda. Bajo las condiciones de Haití, la alternativa más fácil para la obtención de carbón es la República Dominicana, y en los últimos años la sierra de Bahoruco se ha convertido en la mina de oro negro (carbón) de los haitianos.

Existen diferentes atenuantes que dificultan la lucha en contra de la deforestación haitiana en la sierra, el primero es la falta puntos de monitoreo que permitan identificar de manera efectiva la ocurrencia delitos forestales en esta amplia zona protegida, otro de sus atenuantes es la naturaleza del mercado del carbón, que en la mayoría de los casos involucra actores de ambos países y una red de logística compleja que mantienen este negocio funcionando con la misma dificultad de mitigación que el de un cartel de narcótico. Por último, una de las razones más importantes es la falta de acciones gubernamentales para mitigar el problema de la tala indiscriminada. (Carbón de leña, el negocio de la vergüenza que genera millones de dólares en Haití y acelera el cambio climático. (2018, abril 18). Recuperado el 29 de julio de 2021, de Diario Libre

https://www.diariolibre.com/especiales/carbon-de-lena-el-negocio-de-la-verg uenza-que-genera-millones-de-dolares-en-haiti-y-acelera-el-cambio-climatic o-JC9657964).

3.1.2 Deforestación por presencia de incendios forestales en la Sierra de Bahoruco.

De acuerdo con el informe Plan de conservación nacional sierra de Bahoruco publicado en 2018: "el aumento de la incidencia de incendios forestales fuera de su ciclo natural, en lugar de los beneficios de fuegos espaciados, trae un efecto altamente perjudicial al ecosistema de pinar (Kennedy &Horn, 2008). Algunos de los efectos negativos incluyen la eliminación de árboles maduros que son productivos semilleros, limitando la capacidad del bosque de regenerarse y las posibilidades de forrajeo para ciertas aves (Latta 2006) y también provocando la fragmentación del ecosistema del pinar. En la época prehistórica los fuegos en el pinar se ocasionaron como consecuencia de descargas eléctricas en la época seca."

La Estrategia Nacional de Gestión y Manejo del Fuego (SEMARENA 2007) ha identificado las siguientes causas principales de incendios forestales en República Dominicana para estos tipos de zonas, esta son: labores agrícolas (preparación de terrenos para agricultura de ciclo corto), renovación de pastos, fuegos intencionales causados por personas descontentas con medidas administrativas o por venganza, fuegos accidentales causados por usuarios del bosque (monteros y cazadores, pichoneros, colmeneros, carboneros, caminantes nocturnos, etc.) o por descargas eléctricas (rayos).

Lamentablemente la sierra de Bahoruco es la más afectada por estos incendios, específicamente los bosques de pinares de la hispaniola cuya hojarasca es altamente inflamable (SEMARENA 2007). Todas las causas mencionadas de incendios forestales se ven además cada vez más agravadas por los efectos del cambio climático a nivel local, especialmente la prolongación de sequías y el aumento de las temperaturas (Campbell et al., 2011). Estos efectos no sólo contribuyen a la generación de más materia orgánica con potencial combustible, sino a una más fácil ignición.

La intensidad y frecuencia de los fuegos se vuelve entonces catastrófica, como en 2015, un año de fuerte sequía en República Dominicana, cuando más de 10 incendios forestales ocurrieron en la Sierra de Bahoruco. (Maldonado, O. I., M., L. Y., Goetz, J. E., & P. y Saratscheff, Tomás., Thomen ,andrea. (2018). Plan de conservación del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Recuperado de http://caribbean-rris.biopama.org/sites/default/files/2020-03/180422_Plan_Final_PNSierraDeBahoruco.pdf)

3.1.3 Deforestación por producción minera en la Sierra de Bahoruco.

La Sierra de Bahoruco es una extensión territorial rica en tierras raras, por poseer una estructura geológica de formación compleja alberga dentro de sí minerales como la bauxita, el yeso, la sal, el carbonato de calcio y la pectolita. La explotación de sus minerales ha sido una de las más importantes causas de su deforestación.

La deforestación por actividades mineras en la Sierra de Bahoruco tiene su origen en la extracción de bauxita desde 1958 con la concesión de permisos de explotación a la compañía norteamericana Alcoa Exploration Company, desde entonces hasta 2015 el ministerio de minas reporta las últimas negociaciones con compañías extranjeras para la cesión de permisos de explotación de las minas de Bauxita dentro de la sierra. El mayor periodo de deforestación por producción de bauxita ocurrió entre 1958 y 2005 cuando los bloqueos del área protegida cerraron las posibilidades de explotación de mineral dentro del área. A partir del 2005 las operaciones continúan fuera de la zona protegida, pero dentro de la sierra en zonas cercanas al parque nacional. (Acuerdo Transaccional entre el Estado Dominicano y DOVEMCO, S.A. (s/f). Recuperado el 29 de julio de 2021, de Gob.do website:

https://eitird.mem.gob.do/informe-eiti-rd/contratos-mineros/contratos-de-compra-venta-de-bauxita).

En la actualidad, 2021, la sierra se encuentra en una lucha legal para la prohibición de la extracción de carbonato de calcio, un compuesto químico que se extrae de rocas calizas y sirve de suplemento alimenticio por aportar calcio a la estructura ósea del cuerpo humano. Se trata de un proyecto de minería de cielo abierto que requiere la destrucción total de la capa forestal de la sección de la sierra donde se desarrolla la actividad minera. Las estimaciones determinan que más de 23 ríos serán afectados por la mina de carbonato de calcio que suplen de agua a 25 ciudades y 50 comunidades rurales, finalmente el impacto de la mina desembocará en un desastre medioambiental para la zona protegida por su interconexión con sus ríos afectados.

Otro punto a considerar es el daño al delicado y único ecosistema que depende de estas estructuras calizas para funcionar:

"Según establece la Reserva de la Biosfera se en Jaragua-Enriquillo-Bahoruco, Hernández, Ana de Jesús (Coord.) 2008, Editora CC Poveda, Sto. Domingo, R.D., el estudio de los suelos correspondientes a los diferentes tipos de bosque, que ha revelado que las calizas cristalinas predominan en el bosque tropical latifoliado, el cual es un ecosistema que comprende a las comunidades vegetales donde predomina la mezcla de especies de hojas anchas y debido a las condiciones físicas y ambientales les permiten tener una composición florística rica y variada, dentro de los cuales están las Bursera simaruba (palo mulato, indio desnudo) que es un árbol de hasta 25 metros de altura; pero, se adapta muy bien a suelos salinos o calcáreos y es también muy tolerante a los vientos, con lo que ayuda contra los huracanes en esta zona y estos bosques constituyen la más rara formación forestal de las regiones tropicales del planeta. Este ecosistema de República Dominicana es prácticamente único en las Antillas, siendo este uno de los ecosistemas más frágiles e importantes para la protección de la biodiversidad, por lo que el efecto de esta deforestación y la extracción de materiales que se traduce en erosión del suelo, una mayor pobreza rural y que ocasiona lógica e indiscutiblemente la pérdida irreversible de especies vegetales y animales, así como las fuentes de aguas primarias existentes en el subsuelo." Extracción de carbonato de calcio y daños irreversibles en el Bahoruco Oriental I. (2021, julio 26). Recuperado el 29 de julio de 2021, de Labazuca.com

https://www.labazuca.com/2021/07/26/extraccion-de-carbonato-de-calcio-y-danos-irreversibles-en-el-bahoruco-oriental-i

CAPÍTULO IV

MODELO O INSTRUMENTO DE CAMBIO DE OBJETOS EN LA SIERRA DE BAHORUCO PARA COMBATIR LA DEFORESTACIÓN

4.1 Condiciones previas para el desarrollo de plan de acción.

El proyecto a desarrollar involucra principalmente el uso de tres tecnologías fundamentales para su ejecución efectiva, tales como loT, Inteligencia Artificial y Drones. Considerando las restricciones del entorno de aplicación y los requerimientos inherentes de cada tecnología se establecen las condiciones previas requeridas para su funcionamiento, haciendo mención a los aspectos específicos que caracterizan a cada una de estas.

Tomando en consideración todos los elementos que se requieren para llevar a cabo el proyecto, es necesario definir los aspectos relacionados con las estipulaciones previas que condicionan el entorno y todos sus elementos para viabilizar el flujo de la solución del proyecto. Las siguientes condiciones previas que ofrecen un marco de contextualización para entender la necesidades de acondicionamiento requeridas dentro del proyecto:

0

4.2. Estructura y requerimientos del plan de acción.

El modelo y estructura del plan de acción se desarrolla en un entorno convergente en donde interactúan tres tecnologías las cuales son IOT, inteligencia Artificial y drones. Las mismas con característica diferenciadas y amplio desarrollo en el ámbito medioambiental al fundirse tienen el potencial de dar paso a una solución altamente efectiva, para la lucha en contra la deforestación que se produce por medio de diferentes causas

como: la tala indiscriminada de árboles, agropecuaria, minería y carbón vegetal.

El modelo de unificación de las tres tecnologías cubre las deficiencias de implementaciones que incluye la tecnología, cada una de ellas desempeña una función indispensable para el monitoreo eficaz de las zonas investigadas: IOT, IA y drones.

Drones: La tecnología de drones es conocida como un paso importante dentro de la visualización de la región territorial del espacio aéreo, sus características y amplia estaciones permiten visualizar, monitorear y tomar imágenes de alta resolución de un objeto o perímetro desde la distancia necesaria para poder captar como nunca antes se hubiera podido. Estos, unidos a las diferentes opciones por la visualización y opciones que ofrece, permiten lograr un nivel de acceso a la información avanzado.

Inteligencia Artificial: es uno de los pasos más proviniente a nivel de tecnología que ha dado la humanidad la posibilidad de poder desarrollar sistemas que realicen operaciones que simulen la inteligencia humana. En el contexto de reconocimiento de imágenes para la aplicación en proyectos medioambientales la inteligencia artificial ha aportado un alto nivel a la causa de áreas protegidas que se encuentran vulnerables a la deforestación.

IOT: El aporte que realiza el internet de las cosas a las aplicaciones medioambientales viene dado principalmente por los sensores disponibles en el mercado capaces de medir indicadores como temperatura, humedad, calidad de aire y una lista amplia de factores, pueden ofrecer soluciones de alto valor para la conservación de los bosques.

La solución que se propone implementar establece un entorno de monitoreo constante y de peinado de zona con estos se registran los productos forestales en una base de datos de imágenes que posteriormente serán analizadas dentro de un sistema de inteligencia artificial para generar

patrones de crecimiento expansión, decrecimiento, monocultivo y actividad minera. Por último el elemento del proceso que cierra las brechas es el uso de sensores que permiten a través de conexiones de internet de identificar y notificar anomalías en el entorno relacionadas con incendios forestales.

La integración de estas tres soluciones tecnológicas comprenden una propuesta altamente eficaz y poderosa en la lucha de la deforestación tal es el caso de los modelos que se han implementado en diferentes países.

De acuerdo al artículo publicado por Eugenia Bollman, 17 de octubre del 2018. Hoy en día, parece que los drones están en todas partes. Los hemos visto en películas, series de televisión, conciertos y eventos al aire libre. Los drones han aparecido en películas desde "Regreso al Futuro, Parte II" y más recientemente en otras como Interestelar. Esta tecnología, que una vez parecía ser inaccesible y solamente para uso militar, se ha convertido en un producto comercial y en un juguete más para los amantes de los gadgets.

Desde entonces, el uso de drones ha cambiado y se ha diversificado de la guerra y el uso en el campo de batalla, al uso comercial, como hemos visto en los últimos años. La Asociación de Tecnología del Consumidor señala que, en 2016, se vendieron aproximadamente 2.4 millones de unidades de drones para uso personal en Estados Unidos (más del doble que el año anterior), y no es sorprendente que las ventas totales en 2018 se estimen en más de 3.7 millones de unidades. Sin embargo, según Gartner, las ventas de drones en 2016 se acercaron a 2,2 millones de unidades en todo el mundo. La diferencia en los números se debe a cómo las diferentes empresas definen qué es un dron. Para Gartner, un dron es un avión que tiene la capacidad de conectarse a Internet, y la firma prevé que las ventas para uso personal (fotografías / entretenimiento) no disminuirán en los próximos años.

También pueden ser útiles para controlar el uso adecuado de los recursos naturales. En España, en la región de Extremadura, se están utilizando para supervisar la cuenca del Tajo. Los drones comprueban irregularidades e infracciones relacionadas con la extracción ilegal de agua. La Confederación Hidrográfica del Tajo monitorea los niveles de agua subterránea en la cuenca, para asegurarse de que no se realicen extracciones ilegales, ya que esto pone en peligro no solo los recursos de la cuenca, sino todo su ecosistema. También en España, el uso de los drones

se ha adoptado para el monitoreo y control del tráfico, especialmente para identificar a los conductores ebrios y las infracciones de tráfico.

Recuperado el 17 de Octubre de 2018, de blogthinkbig.com website:https://blogthinkbig.com/drones-inteligencia-artificial

4.3 Métodos, técnicas y procedimientos del plan de acción.

A continuación se presentan las técnicas y procedimientos que se implementarán para lograr un proceso de monitorización y prevención de la deforestación eficaz dentro del área de implementación de la sierra de Bahoruco.

Se utilizarán **drones** para la monitorización de las zonas, detectando puntos calientes y su proximidad a zonas de alto riesgo, o realizar seguimientos nocturnos o en condiciones de poca.

Esta técnica de **Mapeos 3D** será utilizada para proyectar imágenes sobre superficies de áreas planas o con volumen para hacer que encajen de forma perfecta sobre una superficie determinada.

La inteligencia cognitiva, tecnología de IA que será utilizada como herramientas como websites y bots con la capacidad de ver, oír, hablar y comprender las necesidades del usuario a través del lenguaje natural.

La tecnología **IOT** será adecuada para la interconexión y agrupación de dispositivos dentro de una red que les permita estar visibles para interaccionar.

El machine learning se utilizará para dotar a los ordenadores con la capacidad de identificar patrones en datos masivos y elaborar predicciones (análisis predictivo).

El objetivo de esta tecnología **Visual Recognition** es tener la capacidad de interpretar información visual para que pueda ser comprendida y compartida. Y a través de los dones poder hacer un reconocimiento parcial de algún movimiento en el área.

Con **Imágenes 4K** será posible obtener una resolución más detallada que de otra manera, pasarían desapercibidos.

CAPÍTULO V:

ESTRUCTURA DE LA SOLUCIÓN: PROPUESTA PARA
COMBATIR LA DEFORESTACIÓN EN LA SIERRA DE
BAHORUCO UTILIZANDO IOT Y DRONES.

5.1 Introducción.

La deforestación es un problema el cual está motivado en su gran mayoría por causas fuera del sector forestal. La deforestación está compuesta por interacciones de fuerzas ecológicas, sociales, económicas, culturales y políticas en una región determinada. Muchas de esas causas han generado el nivel de deforestación que hoy en día presenta la Republica Dominicana.

En el 2019 la República Dominicana presentaba datos donde se menciona que la expansión de las formas de agricultura y ganadería tanto legales como ilegales contribuyen con más del 60% de la deforestación del país.

De igual forma la extracción de productos forestales como lo son leña, carbón y resina utilizados para fuente de ingresos y medios importantes para la subsistencia de los sectores más pobres de la población rural, se convierten en una de las causas más relevantes de la deforestación.

La producción de carbón vegetal llama la atención de forma alarmante debido a que esto es considerado ilegal tanto la producción como la exportación. La demanda de este recurso ha aumentado exponencialmente durante los años, esto debido a que nuestro país vecino Haití ha deforestado su país casi en su totalidad, solo cuentan con el 3.5% de la superficie forestada, datos que se pueden constatar rápidamente al ver el contraste desde el cielo de ambos países, sólo alrededor del 3% de los haitianos tienen acceso a GLP y energía eléctrica lo que impulsa la tala ilegal del territorio dominicano.

5.2 Presentación de Propuesta.

La solución que se plantea consiste en utilizar tanto las tecnologías de IA como de IOT para combatir la deforestación en la sierra de Bahoruco, donde se va a seleccionar una porción de territorio de unos 0.37 KM2 los cuales presenta una notable deforestación visual a través de imágenes satelitales de google Eart, en dicho territorio a sectorizar en 2, se hará uso de drones los cuales van a realizar una jornada diaria de mapeo de ambos sectores, con estos mapeos diarios se identificara las áreas que están siendo deforestadas ya sea por medio de actividad humana o causas naturales, con esto se podrá monitorear las zonas más afectadas para tomar cartas en el asunto, para reducir la deforestación, de igual forma se coordinarán brigadas de monitoreo nocturnas las cuales a través de drones equipados con cámaras, sensores y con el uso de tecnologías de IA como Visual Recognition, cognitive intelligence, etc. Se vigilarán estas áreas para detectar los casos de deforestación por actividad humana, esto activará una alerta al grupo de guarda bosques localizados en una de las casetas del parque nacional, sector Zapoten. Los cuales realizan las acciones necesarias para apresar a los malhechores de la forma menos conflictiva posible.

Los drones que realizan las jornadas de mapeo lo harán a una resolución de 4k y esas imágenes luego serán procesadas con un software de mapeo 3D, el cual se utilizara para hacer la comparación de los sectores que están siendo afectados para tomar acciones en el área afectada.

Por otro lado se obtiene la implementación primordial dentro del proyecto la solución IOT que se integra como la última barrera de contención de la deforestación. La implementación incluirá una solución de dispositivos IOT que se distribuirán entre los árboles del campo de acción estos conectados a internet enviaran notificaciones, sobre las anomalías de cambios de la temperatura, clima, humedad del aire para poder detectar la incidencias de

incendios forestales antes de que se extiendan de forma desmedidas permitiendo mitigarlos efectivamente.

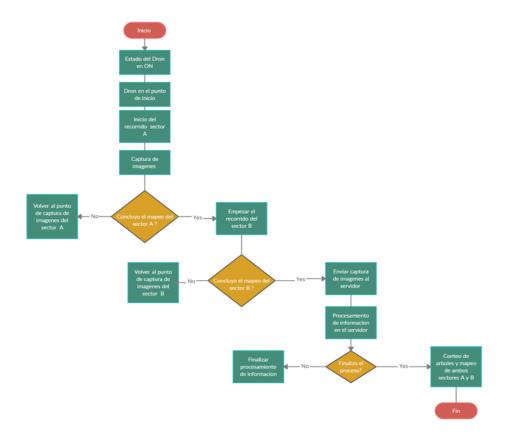


Figura 1: Diagrama de flujos del proceso de ejecución de los drones.

Fuente: Elaboración propia

5.3 Distribución territorial de la solución.

El territorio que utilizaremos como muestra para desarrollar el proyecto se localiza en la sierra de bahoruco, localizado a unos 860,61 metros de la línea fronteriza cerca del territorio de Chapottin Haití, el punto céntrico donde se se dirigirá el proyecto se encuentra en la caseta del parque nacional, del sector zapoten.

Este sector fue escogido por el claro deterioro notado a través de imágenes satelitales donde se puede notar el contraste de vegetación entre el país de Haití y la sierra de Bahoruco en el territorio Dominicano.

En total el sector que cubriremos tiene una área de 0.37 Km² y cubriremos un perímetro de 2.82 Km, abarcando un triángulo como se muestra en la imagen debajo.

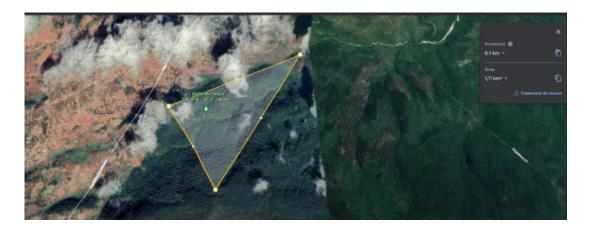


Figura 2: Área geográfica de implementación del proyecto. (Elaboración Propia)

El territorio se dividirá en dos sectores los cuales se denominaron sector A y sector B, esto con el fin de dividir las áreas para el proceso de mapeos diarios que realizarán los drones.

5.4 Plan de acción ante la identificación de casos

Uno de los aspectos más importantes que involucra el proyecto es la introducción y desarrollo de un plan de acción eficaz que permita a las autoridades tomar las acciones de lugar al momento identificar un caso de actividad ilegal o fuegos fortuitos en la zona de implementación del proyecto.

El plan de acción propuesto estará compuesto por diferentes actores:

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos como el organismo rector de todas las áreas protegidas del país se asegurará de facilitar, organizar, y asignar los recursos de información, protocolos y personal necesarios para llevar a cabo el plan de acción. Además de brindar todas las autorizaciones de lugar.

Guardaparque especializado Caseta Zapoten: una de las funciones primordiales del guardaparque es la constante comunicación oportuna con lo brigada de de revisión para poder mantener al tanto todas todas la partes del proyecto sobre los resultados de brigada de acción y poder constatar el trabajo que estos últimos están realizando en la áreas donde se ha dado la ocurrencia de una alerta al enviar un informe detallado sobre los resultados.

Brigada de revisión de casos: será un equipo conformado por integrantes del Servicio Nacional de Protección Ambiental (SENPA) que servirá como la primera línea de acción ante la detección de cualquier caso de deforestación que impacte la zona monitorizada. Todas las anomalías identificadas por medio del proyecto serán notificadas por correo electrónico para ser atendidas por la brigada. La brigada de revisión de casos, como parte de la policía medioambiental, estará en la plena autoridad de encontrar los actores de los hechos delictivos, apresar a cualquier persona que sea hallada en el acto, dejar alertas en las zonas amenazas, colaborar con la mitigación de incendios forestales importantes.

Centro de análisis de datos: El centro de análisis, dentro del plan de acción, tendrá como función principal la identificación de posibles casos de deforestación por alguno de los efectos descritos en el ámbito de esta investigación.

El diagrama de proceso de a continuación representa el flow de las operaciones del plan de acción, el mismo se encuentra compuesto por 5 fase en son detalladas en la siguientes líneas:



Figura 3: Fases de identificación del proceso.

Identificación del Caso: La fase de identificación inicia con el fin del proceso de monitoreo. En esta fase toda la infraestructura tecnológica implementada en el proyecto habrá arrojado una alerta de monitoreo. La identificación del caso arrojará información sobre el impacto de la actividad detectada, indicará la categoría de la alerta y mostrará información de valor que permitirá realizar una intervención eficiente.

Notificación a la Brigada SENPA: La alerta detectada en el centro de análisis de datos será remitida a la brigada de acción. La notificación se enviará por correo, y se agotará un proceso de coordinación en el que se agendará una visita de revisión del área afectada.

Revisión del Área: Luego de ser notificada la alerta al SENPA, el área afectada será objeto de una revisión exhaustiva para constatar todo lo ocurrido. La revisión les permitirá confirmar si lo reportado en el informe coincide con la realidad y a partir del resultado tomar las acciones correspondientes.

Toma de Acción: La toma de acción involucra todos los procedimientos legales definidos en las leyes dominicanas y los protocolos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para el manejo del caso en cuestión y la mitigación oportuna de los impactos del daño.

Reporte de Resultados: En el reporte de resultado se especificará a detalle todo lo ocurrido en la zona detectada.

Cierre del caso: En el cierre del caso se establecerán los resultados y se dejará un registro de todo lo ocurrido en el proceso del caso. En dicho cierre se dejará un precedente dentro de la base de datos que podrán ser consultados y utilizarlos para determinar patrones de comportamiento en la tala de árboles, incendios, y otros mecanismos de deforestación.

5.6 Conectividad

Considerando la diferentes necesidades que se contemplan en un proyecto que involucra tecnologías como IoT, Drones e Inteligencia Artificial, uno de los puntos principales que aseguran el éxito y funcionamiento del proyecto es la implementación de un medio de conexión de red que permita la comunicación de los diferentes dispositivos con puntos centrales donde se analicen los datos para generar información útil que permita realizar una toma de decisiones oportuna, por otro lado se requiere conexión de internet para conectar los dispositivos del campo de aplicación del proyecto y poder acceder a los mismos para administrarlos.

En cuanto a las consideraciones de interconectividad, el proyecto necesita un medio o medios de conexión altamente confiables. Debido a que la zona de demarcación se encuentra en un área de escasa conectividad, la solución de conexión más factible es el uso de la red celular por su extensa

cobertura, fiabilidad y por ser una de las opciones más económicas para implementar en el entorno del proyecto.

El requerimiento principal para cumplir con la cobertura y velocidad de internet necesarios para llevar a cabo el proyecto, es el uso de una red 3G como mínimo. La red 3G es lo suficientemente estable y veloz como para asegurar la alta disponibilidad del proyecto.

5.7 Procesamiento de imágenes con drones.

La solución que vamos a implementar necesita una alta calidad de imagen para realizar los mapeos y los conteos de árboles, se realizara el uso de la tecnología 4K para esto tanto el mapeo como el conteo de árboles, se realizarán tomando cientos de fotos utilizando drones para luego procesarlas y poder explotar los datos que se necesitan.

Las imágenes se tomarán a una distancia de 15 metros sobre el nivel del suelo, esto permitirá que las fotos tengan un rango de cobertura amplio y con la ayuda de las cámaras 4K y la enorme resolución que estas manejan al procesar las imágenes se podrá realizar un mapeo 3D de la zona y se realizará el conteo de los árboles con un nivel de precisión de 90 a 95%.

Luego del procesamiento tendremos un punto de comparación diario y un conteo de árboles por sector y el conteo total de los árboles de la zona donde se realizará el proyecto.

5.8 Solución e inteligencia Artificial

La principal función de la implementación de inteligencia artificial será hacer análisis de datos potenciados, esto significa que todas las imágenes que se que se monitorizan y las informaciones de los sensores, serán introducidos dentro de un sistema de reconocimiento de imágenes. Visualizando términos de determinación de patrones y creación de imágenes 3D con esta solución se podrá tener un conteo realista de todos los árboles existentes en la zona geográfica. La solución de inteligencia artificial es ideal para este tipo de climas debido a que la zona está comprendida por un clima seco que no tiene un territorio demasiado tupido de árboles lo cual facilita la identificación visual y el conteo de los árboles. Una vez realizado el conteo, el sistema realizará comparaciones diarias de las rondas de mapeo monitoreo y vigilancia con esto se logrará identificar cuando ocurra. La tala de un árbol o la ausencia de un árbol por alguna causa de deforestación.

Las tecnologías de inteligencia artificial involucradas en este sistema son Machine Learning, visual recognition, análisis de afinidad y aprendizaje asistido por computadora.

El proceso de aprendizaje de inteligencia artificial del sistema como bien se sabe debe ser alimentado con entradas que puedan ser identificadas por el sistema categorizada y utilizadas posteriormente para la monitorización e identificación de cambios en el ambiente.

En este sentido el Machine Learning en jugará un papel fundamental en el avance del proceso de aprendizaje del sistema, y el aprendizaje asistido será útil en la fase de inicio de alimentación de entradas del sistema debido a que información debe ser alimentada inicialmente por un operador que pueda ofrecer los criterios de análisis adecuados al sistema para la identificación oportuna de casos.

Por otro lado el análisis de afinidad será utilizado para validar que las entradas de monitoreo que se introducen en el sistema luego de que las imágenes son tomadas por los Drones y que los datos son enviados por los sensores loT. Las imágenes son comparadas por medio del análisis de afinidad para determinar las variaciones en el entorno. La forma en que funciona es analizando y dejando en su base de datos las imágenes originales que se toman en cada monitoreo y comparándolas con las nuevas imágenes tomadas, logrando así detectar cuando ocurren variaciones importantes en el entorno o se da la falta de material forestal que estaba en los registros anteriores al compararlos con los nuevos.

Luego de identificar un caso de variación en el material forestal del entorno de estudio o del del campo de acción se generará una alerta a través de otro sistema de notificaciones con la categorización del caso, la alerta será completada por el equipo del centro del análisis de datos con las demás, características que puedan identificar en las imágenes que se toman y siendo apoyados por información aportada por los sensores de cambios en el ambiente

Gracias a la inteligencia artificial y sus diferentes aplicaciones tecnológicas es posible lograr identificar de una forma eficaz los cambios en el entorno con una precisión de hasta un 95%.

5.9 Solución IOT

La solución IoT está enfocada en una implementación de sensores que evalúan los indicadores de temperatura, humedad del aire, y su calidad, con esto se podrá identificar específicamente cuando ocurren variaciones importantes en la temperatura para poder saber cuándo ocurrirá un incendio forestal antes de que esté demasiado propagado.

A diferencia de otras soluciones, la solución loT se enfoca en hacer un monitoreo preventivo y eficaz que permite Identificar la Presencia de fuego incluso antes de que ocurran incendios masivos o se pueda ver la presencia de humo.

Los sensores están distribuidos alrededor de la zona de implementaciones instaladas en diferentes árboles. Esto no sólo se logrará identificar la presencia de incendios, sino que también se podrá identificar la presencia de hornos de producción de carbón que es uno de los puntos más importantes a resaltar dentro de la investigación. Considerando que las opciones de mapeo visual para identificar cuando se tarda un árbol pueden quedarse en cierta medida escasas, la solución cubre completamente la brecha de los incendios forestales, y de los hornos de producción de carbón. Al identificar los hornos de carbón se logrará tener acceso y no sólo a la fase de tala de árboles sino también a la fase de producción del carbón atacando ambos polos de la problemática.

La solución IoT propuesta Utilizar a la Red celular para la conexión todos los nodos estarán conectados entre sí comparten información, y a su vez estos estarán comunicándose con el centro de análisis de datos para poder notificar sobre la ocurrencia de algún incidente en el bosque. Los sensores funcionarán con energía solar lo cual les aporta la autonomía que necesitan para funcionar de manera ininterrumpida en caso de la ocurrencia de un incendio.

CAPÍTULO VI:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: PROPUESTA PARA
COMBATIR LA DEFORESTACIÓN EN LA SIERRA DE
BAHORUCO UTILIZANDO IOT Y DRONES.

6.1. Introducción a las especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de la solución son sumamente importantes debido a que estas contienen todas las características técnicas de todos los componentes de la solución, en este apartado vamos a describir de manera detallada los componentes de forma individual tocando puntos como dimensiones, peso, calidad, soporte de temperaturas, duración de la batería entre otros.

Al mencionar cada elemento de la solución con un nivel de detalle sustancioso le otorga al lector un mayor entendimiento de la solución lo cual es importante porque con esa información los lectores tendrán una idea de todo lo que se podría lograr luego de la implementación.

6.2 Especificaciones técnicas de conectividad

La República Dominicana cuenta con 3 grandes proveedores de servicios de telecomunicaciones que cuentan con una infraestructura de red aceptable.

La opción que elegimos es Claro Dominicana, la misma posee la red con la mayor cobertura nacional y cuenta con las siguientes redes, 5G/ 4G LTE/ 4.5G/ 3G (UMTS).

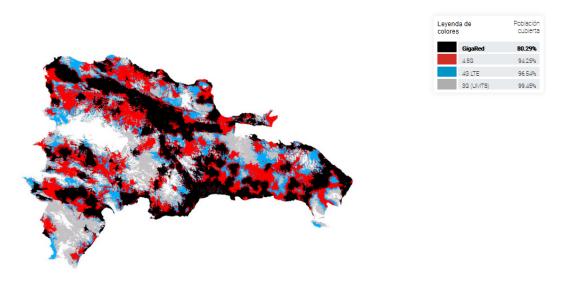


Figura 4: Mapa de cobertura de la red de Claro.

La zona en cuestión que tomaremos para implementar el proyecto cuenta con una cobertura de 4G LTE/4.5 G lo que significa que podemos alcanzar las siguientes velocidades.

4 (G
Subida	Bajada
20 Mbps	50 Mbps

4.5 G	
Subida	Bajada
80 Mbps	200 Mbps

Estas velocidades son más que suficientes para realizar el proceso de carga y descarga de contenido hacia los servidores que se encargan del procesamiento del contenido.

6.3 Especificaciones técnicas de los drones

El dron elegido es el "PERIMETER 8" este es un dron creado por la compañía Skyfront el mismo posee excelentes especificaciones técnicas lo cual lo hace una elección sumamente acertada para este proyecto, entre las especificaciones se encuentran las siguientes.



Figura 5: Dron Perimeter utilizado en el proyecto.

Velocidad máxima: 57 Km/h

• Velocidad terrestre de crucero: 35 Km/h

Resistencia máxima: 5+ horas sin carga

3 horas con 8.8 lb. (4 kg) carga

2 horas con 11 lb. (5 kg) carga

1 hora con 17 lb. (7.5 kg) carga

Rango máximo esperado (a velocidad de crucero):

110 millas(177 km) sin carga

• Velocidades máximas del viento probadas:

25 mph (35 km/hr)

• Capacidad máxima de carga útil:

17 lb. (7.5 kg) carga por 1 hora.

• Temperatura mínima esperada:

15°F (-10°C)

• Maximum Expected Temperature:

122°F (50°C)

Un dron con estas especificaciones nos permitirá capturar varias horas de vuelo haciendo la tarea de recopilación de imágenes un juego de niños.



Figura 6: Baul de almacenamiento para drones.



Figura 7: Imagen del dron vista aérea.

6.4 Especificaciones cámara drones

La cámara que usaremos para tomar las capturas desde los drones es la Gopro Hero 7 Black, esta cámara cuenta con excelentes especificaciones técnicas y características tales como:

- Foto 12 MP
- Super Foto
- 4K60/1080p240
- Estabilización de video (Hyper Smooth)
- Resistente al agua y sumergible hasta 10 metros
- Cámara Lenta 8x
- Detección de caras



Figura 8: Cámara Gopro Hero 7 Black.

Las especificaciones de la cámara son las siguientes

Peso: 116 g

Ancho: 62,3 mmLargo: 44,9 mm

Para las jornadas de vigilancia utilizaremos cámaras térmicas las cuales nos permitirán detectar presencia humana en las noches debido a que las personas que talan árboles ilegalmente para diferentes proposito operan en horario nocturno, las cámaras que utilizan los drones de vigilancia nocturna es la **Zenmuse XT**, esta es una cámara pequeña y potente, capaz de ofrecer unas imágenes excelente para el propósito que la utilizaremos.



Figura 9: Cámara termica Zenmuse XT



Figura 10: Captura de imagen térmica de la cámara Zenmuse XT.

Entre las especificaciones de la cámara podemos destacar las siguientes.

Modelo: Zenmuse XT

• Dimensiones: 103 mm x 74 mm x 102 mm

Peso: 270 g

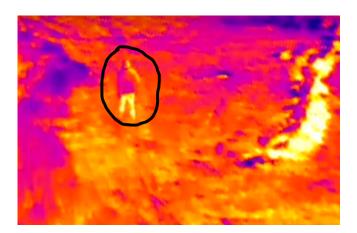


Figura 11: Imagen captura destacando la presencia humana.

Con este tipo de cámara se podrá detectar fácilmente la presencia humana incluso en zonas boscosas lo cual nos permitirá reaccionar con una brigada anti-deforestación a la zona donde se detectó la presencia humana ilegal .

6.5 Especificaciones técnicas IA

El software de IA que vamos a utilizar se llama **Ewa Guard**, es una plataforma que usa varias tecnologías tanto IA como Visión computarizada (Computer Vision), IoT, drones y computación de alto rendimiento (HPC).

Este es un software diseñado por la empresa ByteLAKE en conjunto con la compañía Lenovo el cual tiene un nivel de aplicabilidad sorprendente y es que está dividido en módulos, el primero se encarga de apoyar las actividades de reforestación al proporcionar análisis automatizados que se basan en los datos recogidos y previamente procesados, esto con la finalidad de reemplazar el trabajo manual que se realiza en el campo y requiere la inversión de largas jornadas de trabajo.

El software está construido sobre un motor de procesamiento poderoso que utiliza tecnologías HPC, con el cual tiene la posibilidad de usar imágenes tomadas por drones para hacer el conteo de árboles y detectar anomalías con un nivel de certeza de 90% +.



Figura 12: Software de IA Ewa Guard.

El software tiene capacidad para analizar un número de 285 árboles por fotos con una precisión de 92-95%, con este tipo de soluciones podemos

frenar la deforestación de nuestros bosques y de esa manera aportar a la salud del planeta.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN

Ya culminada la investigación se cumplió con lo establecido en el marco metodológico, con lo que se obtuvo los resultados mencionados en el Capítulo anterior, para realizar el análisis y discusión de los mismos y finalmente llegar a las siguientes conclusiones.

La importancia de de esta propuesta es poder identificar que a través de los drones adaptandolos con las tecnologías IA y IOT se puede conservar el medio ambiente, y así mitigar la deforestación.
Uno de los aspectos más importantes que involucra el proyecto es el plan de acción eficaz que permita a las autoridades, puedan tomar las acciones de lugar al momento identificar un caso de actividad ilegal o fuegos fortuitos en la zona de implementación del proyecto.
Es necesario indicar, que es importante la reforestación en las áreas del territorio Sierra de Bahoruco ya que es una área desprotegida.
Capacitar al personal del medio ambiente para el manejo del software y administrar la información dada para crear el suministro de información útil para realizar analíticas que permitan tomar decisiones oportunas.
De igual forma con la implementación de la solución buscamos aplicar controles a las diferentes actividades ilegales realizadas que atenten contra naturaleza en la zonas fronterizas

BIBLIOGRAFÍA

- Definicion, C. (2021, Enero 26). *Aplicacion*. Concepto Definicion Aplicacion.

 Retrieved Julio 13, 2021, from https://conceptodefinicion.de/aplicacion/
- Gracia, M. (2019, Marzo 18). ¿Qué es IoT? IoT Internet Of Things.

 https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-interne

 t-of-things.html
- IBM, I. (2019, Mayo 24). ¿Qué es Machine Learning? ¿Qué es Machine Learning? https://www.ibm.com/mx-es/analytics/machine-learning
- Lab, O. (2020, Febrero 13). *Que es el mapping 3D*. Que es el mapping 3D.

 Retrieved Julio 13, 2021, from https://www.onionlab.com/es/news/que-es-el-mapping-2/
- Lecun, Y. (2019, Julio 19). Se te hace bola el Deep Learnin? te lo explica un premio Turing. Se te hace bola el Deep Learnin? te lo explica un premio Turing.
- Oracle, O. (2017, Julio 1). ¿Qué es, exactamente, big data? Definición de big data. https://www.oracle.com/es/big-data/what-is-big-data/

- Soto, J. (2020, Febrero 16). ¿Qué es la deforestación y cuál es el estado en México? Deforestación, ¿qué es, quién la causa y por qué debería importarnos?
 - https://www.greenpeace.org/mexico/blog/4074/deforestacion-que-esguien-la-causa-v-por-que-deberia-importarnos/
- Teja, R. (2021, Abril 2). What is a Sensor? What is a Sensor? Different

 Types of Sensors and their Applications. Retrieved Julio 13, 2021,

 from https://www.electronicshub.org/different-types-sensors/
- Telefonica, L. (2015, Diciebre 1). Que es la inteligencia cognitiva. ¿Qué es la Inteligencia Cognitiva? ¿En qué se diferencia de la Inteligencia Artificial?

 https://luca-d3.com/es/data-speaks/diccionario-tecnologico/inteligenci

a-cognitiva

- VIU, U. (2018, Marzo 21). Que es un dron. Que es un dron y como funciona? Retrieved Julio 13, 2021, from https://www.universidadviu.com/int/actualidad/nuestros-expertos/que-es-un-dron-y-como-funciona
- WATSON, I. (Ed.). (2015, Diciembre 4). *IBM WATSON Visual Recognition*. https://www.youtube.com/watch?v=n3_oGnXkMAE

WWF, W. (2012, Febrero 12). *En el mundo*. ¿Quiénes somos? https://www.wwf.org.co/conocenos/quienes somos /

NetAPP, N. (2021, Enero 03). ¿Qué es la computación de alto rendimiento?
¿Qué es la computación de alto rendimiento?

https://www.netapp.com/es/data-storage/high-performance-computing/what-is-hpc/

Sony, S. (2021, Mayo 03). ¿Qué significan 4K y 8K? ¿Qué significan 4K y 8K?

https://www.sony-latin.com/es/electronics/support/articles/00176888

Recuperado el 17 de Octubre de 2018, de blogthinkbig.com/website:https://blogthinkbig.com/drones-inteligencia-artificial

Reglamento 2119-72 sobre Regulación de Gases Licuados. Recuperado el 29 de julio de 2021, de Gob.do website: https://www.aduanas.gob.do/media/2527/2119-72_sobre_regulacion_gases_licuados.pdf)

(Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s/f). Global Forest Assessment 2020. Recuperado el 29 de julio de 2021, de Fao.org website: http://www.fao.org/3/ca9825en/ca9825en.pdf

(Protectors of the Amazon. (n.d.). Retrieved June 9, 2021, from Org.uk website: https://www.wwf.org.uk/updates/protectors-amazon).

(Counting orangutans with thermal imaging technology. (n.d.). Retrieved June 10, 2021, from Org.uk website: https://www.wwf.org.uk/success-stories/counting-orangutans-therma I-imaging-technology).

Our Forests Are in Trouble. Al Can Help Save Them.LenovoStoryHub.https://news.lenovo.com/our-forests-are-in-trouble-ai-can-help-bytelake/

(Convención de Cartagena). Documento borrador, Grupo Jaragua, Santo Domingo.

http://www.grupojaragua.org.do/documents/SPAW_propuestaSdB2_GrupoJaragua.pdf

(Drones contra la deforestación de la Amazonia. (2019, September 20). Retrieved June 9, 2021, from Euronews.com website: https://es.euronews.com/2019/09/20/drones-contra-la-deforestacion-de-la-amazonia)

(Counting orangutans with thermal imaging technology. (n.d.). Retrieved June 10, 2021, from Org.uk

website: https://www.wwf.org.uk/success-stories/counting-orangutans-therma <a href="https://www.wwf.org.uk/success-stories/counting-orangutans-the-waveces-stories/counting-orangutans-the-waveces-stories/counting-orangutans-the-waveces-stories/counting-orangutans-the-waveces-stories/counting-orangutans-the-waveces-stories/counting-orangutans-the-waveces-stori

ENTEL OCEAN CORPORATION. (2019). Memoria Corporativa 2019. Recuperado de Centro de Información Bursátil Electrónico, Santiago de Chile

http://cibe.bolsadesantiago.com/Noticias/Avisos%20Generales/MEMANU 20200721111524 86626.pdf.

ByteLAKE & Lenovo. (s/f). Recuperado el 17 de julio de 2021, de Lenovo.comwebsite: https://www.lenovo.com/in/en/smarter/smart-conservati on-protects-food-security/saving-forests-with-ai/

Rojek, M. (2020, septiembre 21). Ewa Guard, artificial intelligence will clean up the world. Recuperado el 17 de julio de 2021, de Medium website: https://marcrojek.medium

Jose Ramon Martinez, (2012). Sierra de Bahoruco Occidental República Dominicana [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla].

website: https://www.geografiafisica.org/wp-content/uploads/2013/02/tesis_d octoral sierra bahoruco version pequena.pdf

(Secretaría de Estado de Industria Y Comercio., S. de E. (1972). Reglamento 2119-72 sobre Regulación de Gases Licuados. Recuperado el 29 de julio de 2021, de Gob.do website: https://www.aduanas.gob.do/media/2527/2119-72_sobre_regulacion_gases_licuados.pdf)

Recuperado el 29 de julio de 2021, de Diario Libre website: https://www.diariolibre.com/especiales/carbon-de-lena-el-negocio-de-la-verg uenza-que-genera-millones-de-dolares-en-haiti-y-acelera-el-cambio-climatic o-JC9657964)

.

Plan de conservación del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana.

Recuperado de http://caribbean-rris.biopama.org/sites/default/files/2020-03/180422_Plan_Final_PNSierraDeBahoruco.pdf)

(Acuerdo Transaccional entre el Estado Dominicano y DOVEMCO, S.A. (s/f). Recuperado el 29 de julio de 2021, de Gob.do website: https://eitird.mem.gob.do/informe-eiti-rd/contratos-mineros/contratos-de-compra-venta-de-bauxita).

Recuperado el 29 de julio de 2021, de Labazuca.com website: https://www.labazuca.com/2021/07/26/extraccion-de-carbonato-de-calcio-y-danos-irreversibles-en-el-bahoruco-oriental-i

Recuperado el 15 de Septiembre de 2020, de actualidadambiental.pe website

:https://www.actualidadambiental.pe/nuevas-tecnologias-contra-deforestacion/

Recuperado el 17 de Octubre de 2018, de blogthinkbig.com website: https://blogthinkbig.com/drones-inteligencia-artificial