



Análisis de Dique y Plan Cartográfico Proyecto de Palmas Del Mar

Municipio de Humacao, Puerto Rico

Mayo 2020



FEMA

RiskMAP
Increasing Resilience Together

Tabla de Contenido

Acrónimos	ii
Definiciones	iii
Resumen Ejecutivo	1
1 Introducción	2
2 Descripción del Sistema de Diques	3
2.1 Proyecto Para la Reducción de Daños por Inundaciones en el Municipio de Humacao	
2.2 Historia de NFIP y FIRM en la Comunidad	
2.3 Actividades del Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos	
3 Consorcio Local de Diques	6
4 Comunicación con las Partes Interesadas	7
4.1 Reunión LLPT 1	
4.2 Reunión LLPT 2	
4.3 Reunión LLPT 3	
5 Análisis Inicial de Datos	8
5.1 Análisis Hidrológico	
5.2 Análisis de Tramo	
5.3 Procedimiento de Valle Natural	
5.4 Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras	
5.5 Procedimientos de Deficiencia de Francobordo y Desbordamiento	
5.6 Procedimiento de Tramo Prudente	
5.7 Revisión del Análisis Inicial de Datos	
6 Pasos Siguientes	16
6.1 Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos	
7 Referencias	17
Apéndice A	
Apéndice B	
Apéndice C	
Apéndice D	
Apéndice E	
Apéndice F	

Lista de Apéndices

Apéndice A - Participación de las Partes Interesadas: Información de la Reunión LLPT 1
Apéndice B - Participación de las Partes Interesadas: Información de la Reunión LLPT 2
Apéndice C - Comparación de Perfil de Francobordo
Apéndice D - Lista de Verificación de Acreditación de Dique
Apéndice E - Información Recopilada
Apéndice F - Análisis Inicial de Datos

Lista de Tablas

Tabla 1. Resumen del Área del Proyecto	4
Tabla 2. Historial de Mapas de la Comunidad.....	4
Tabla 3. Actividades Relacionadas al Proyecto.....	5
Tabla 4. Participantes LLPT	6
Tabla 5. Resultados del Análisis Inicial de Datos	15

Lista de Figuras

Figura 1: Ubicación del Sistema de Diques Palmas del Mar.....	4
Figura 2 : Mapa de Ubicación de las Rupturas.....	10
Figura 3: Procedimiento de Valle Natural	11
Figura 4: Cuadrícula de Profundidad del Procedimiento de Inundación de Valle Natural.....	12
Figura 5: Procedimiento de Inundación de Estructuras	13
Figura 6: Cuadrícula de Profundidad del Procedimiento de Inundación de Estructura	14

Acrónimos

44 CFR 65.10	Título 44, Capítulo 1, Sección 65.10 del Código de Regulaciones Federales
BFE	Nivel de Inundación Base
CERC	Comunicación de Riesgos y Participación Comunitaria
FEMA	Agencia Federal para el Manejo de Emergencias
FIRM	Mapa de Tasas del Seguro de Inundación
FIS	Estudio del Seguro de Inundación
HEC-HMS	Centro de Ingeniería Hidrológica - Sistema de Modelización Hidrológico
HEC-RAS	Centro de Ingeniería Hidrológica - Sistema de Análisis de Río
LAMP	Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos
LLPT	Consorcio Local de Diques
LOMR	Carta de Revisión de Mapa
NFIP	Programa del Seguro Nacional de Inundación
NLD	Base de Datos Nacional de Dique
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
SCS	Servicio de Conservación de Suelos
SFHA	Área Especial de Riesgo de Inundación
STARR II	Alianza Estratégica para la Reducción de Riesgos
USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU.

Definiciones

Los siguientes términos se utilizan en este documento. FEMA provee términos adicionales en la Guía para el Análisis y trazado de mapas de riesgo de inundación – Diques (Febrero 2019). Esta guía está disponible en la Biblioteca de FEMA en https://www.fema.gov/media-library-data/1578329621484-8b5b2ea2f015c575fe5e641875ed4f3c/Levee_Guidance_Feb_2019_508Compliant.pdf

Nivel de Inundación Base (BFE, por sus siglas en inglés)** – Elevación de una inundación con una probabilidad de 1 por ciento de ser igualada o excedida en cualquier año. También se conoce como la elevación de la inundación de 100 años. Esta elevación es la base para los requisitos de seguro y administración de valles inundables del NFIP.

Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos* – El Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos incluyen la aplicación de medidas de Tramo Prudente, Deficiencia en Francobordo, Análisis de Desbordamiento, Inundación Basada en Estructuras y en Valle Natural. Los detalles sobre estos métodos se pueden encontrar en la Guía para el Análisis y trazado de mapas de riesgo de inundación – Diques (Febrero 2019).

Área Detrás del Dique – Una característica geoespacial en la [Base de Datos Nacional de Diques](#) definida por las tierras excluidas de las inundaciones por el sistema de diques.

Tramo de Dique* – Una porción de un sistema de diques que consiste de características aproximadamente uniformes. Generalmente un tramo de dique es una sección longitudinal.

Sistema de Diques* – Un sistema de reducción de riesgo de inundación que consta de uno o más segmentos/tramos de dique y otras estructuras, como muros de contención y estaciones de bombeo. Estas estructuras están interconectadas, construidas y operadas de acuerdo con las prácticas de ingeniería correspondientes. Dichas estructuras son necesarias para garantizar la exclusión de la inundación de diseño del área protegida por los diques haciéndola hidráulicamente independiente.

Consortio Local de Diques (LLPT, por sus siglas en inglés)* – Grupo de trabajo facilitado por FEMA para el análisis de un sistema de diques utilizando el método de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos para Diques no Acreditados. La función principal de este grupo es compartir información/datos e identificar opciones basadas en los roles y conocimiento de las partes interesadas.

Base de Datos Nacional De Diques (NLD, por sus siglas en inglés)* – La NLD, desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. (USACE) en cooperación con FEMA, es un inventario de todos los sistemas de diques en la nación Americana. La base de datos contiene información para facilitar y enlazar actividades, como comunicación de riesgo de inundación, evaluación del sistema de diques del NFIP, inspecciones de sistemas de diques, administración de valles inundables y evaluación de riesgos. El NLD es una base de datos dinámica con esfuerzos continuos para actualizar los datos de diques de agencias Federales, Estatales y Tribus.

Sistema de Dique no Acreditado* – Un sistema de dique que no cumple con los requisitos del NFIP incluidos en el Título 44, Capítulo 1, Sección 65.10 del Código de Regulaciones Federales (44 CFR 65.10), *Mapping of Areas Protected by Levee Systems*, y no aparecen en un FIRM como una estructura de reducción de riesgos de inundación.

Zona A** – El Área Especial de Riesgo de Inundación que se encuentran en el Mapa de Tasas del Seguro de Inundación sin un Nivel de Inundación Base (excepto las Zonas Costeras V).

Zona D** – Área de riesgo de inundación indeterminado, pero posible.

* Descripción del término obtenido de la *Guía de FEMA Para el Riesgo de Inundación de Diques, Análisis y Trazado de Mapas* (Febrero 2019).

** Descripción del término obtenido del Glosario de Valles Inundables de FEMA
(https://www.fema.gov/pdf/floodplain/nfip_sg_appendix_d.pdf).

Resumen Ejecutivo

El Estudio del Seguro de Inundación (FIS, por sus siglas en inglés) y el Mapa de Tasas del Seguro de Inundación (FIRM, por sus siglas en inglés) preparados por FEMA para el Municipio de Humacao, Puerto Rico muestran el Sistema de Diques Palmas del Mar, que es parte del Proyecto Palmas del Mar, como una estructura de reducción de los riesgos causados por la inundación con 1 por ciento de probabilidad anual. Para mantener esta descripción de riesgo, se deben proporcionar datos certificados a FEMA para demostrar que el sistema de diques cumple con los requisitos mínimos del Título 44, Capítulo 1, Sección 65.10 del Código de Regulaciones Federales (44 CFR 65.10). FEMA determinará si los datos proveídos están completos. A la fecha de este plan de diques, FEMA no ha recibido datos en apoyo del 44 CFR 65.10; por lo tanto, los sistemas de diques se considerarían no acreditados en futuros mapas de inundación.

En el 2013 las recomendaciones de FEMA se revisaron para incorporar los nuevos métodos de Análisis de Dique y Procedimientos Cartográficos para diques no acreditados. Estas recomendaciones proporcionan un conjunto de procedimientos flexibles para realizar análisis de riesgos de inundación y procedimientos cartográficos para sistemas de diques no acreditados (consulte la Sección 1 de este informe). La Región II de FEMA ha iniciado un proyecto de Descubrimiento de Diques para aplicar el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos (ver Sección 2) al Sistema de Diques Palmas del Mar.

En Junio de 2019, la Región II de FEMA en conjunto con representantes del Municipio de Humacao, Puerto Rico para formar un Consorcio Local de Diques (LLPT, por sus siglas en inglés) y trabajó para determinar qué tipo de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos se aplicarían al Sistema de Diques Palmas del Mar (ver Secciones 3 y 4 respectivamente). El proceso involucró la recopilación y evaluación de datos disponibles, la creación y evaluación de un análisis inicial de datos (ver Sección 5) y discusiones detalladas sobre las necesidades cartográficas.

Este plan de diques resume la información obtenida a través de la amplia coordinación y colaboración del LLPT y a través del análisis inicial de datos. Este plan también discute las opciones de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos para un futuro trazado de mapas de riesgos de inundación dentro de las áreas afectadas por el Sistema de Diques Palmas del Mar en el Municipio de Humacao (ver la Sección 6).

Representantes del Municipio de Humacao expresaron su interés en obtener la acreditación del Sistema de Diques Palmas del Mar para mostrar este sistema de diques en un FIRM futuro como una estructura de reducción del riesgo de inundación. Esta identificación del riesgo de inundación dentro de las áreas afectadas por el dique cambiaría la designación actual de Zona A99, trazada en el FIRM efectivo del Municipio de Humacao con fecha 18 de Noviembre de 2009, a una designación de Zona X. Si el sistema de diques se considera no acreditado, los futuros FIRMs representarían gran parte del área detrás del dique como un Área Especial de Riesgo de Inundación (SFHA, por sus siglas en inglés) Zona AE.

1 Introducción

FEMA; su proveedor de Producción y Servicios Técnicos, *Strategic Alliance for Risk Reduction II* (STARR II); y su proveedor de Comunicación de Riesgos y Participación Comunitaria (CERC), Socios de Acción de Resiliencia, iniciaron el proceso de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos para diques no acreditados en el Municipio de Humacao. Además de emplear los últimos avances tecnológicos en métodos de recolección de datos y en modelos hidrológicos e hidráulicos, este proceso también:

- Emplea el conocimiento y los datos locales por medio de la participación proactiva de las partes interesadas y/o afectadas en los LLPTs;
- Organiza los recursos disponibles para análisis de ingeniería y cartografía de acuerdo con el nivel de riesgo en áreas detrás del dique; y
- Considera las características únicas de cada sistema de diques desde una perspectiva de ingeniería.

Los sistemas de diques en el Municipio de Humacao no están acreditados actualmente. FEMA está utilizando el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos para trazar mapas de riesgo de inundación más refinados en terrenos ubicados detrás de los diques. No se prevé el trazado de nuevos FIRMs en esta comunidad por varios años. Por lo tanto, este esfuerzo tiene como objetivo proveer una representación más realista de los riesgos de inundación relacionados con los diques en el Municipio de Humacao para que los funcionarios de la comunidad y los administradores de emergencias los utilicen en el desarrollo y la planificación.

El Análisis de Diques y Procedimiento Cartográfico se lleva a cabo en cuatro fases:

- **Fase 0: Identificación e Investigación de la Estructura:** Los sistemas de diques se identifican y verifican como construidos, operados y mantenidos como estructuras de reducción del riesgo de inundación. Durante esta fase se establece el LLPT.
- **Fase 1: Preparación del Plan de Análisis y Cartografía:** Las reuniones del LLPT se llevan a cabo periódicamente para revisar los datos y la documentación disponible. Las conversaciones ayudan en la preparación de un Plan de Análisis y Cartografía basado en la información disponible.
- **Fase 2: Preparación del Análisis y Revisión de los Resultados (si aplica):** FEMA realiza el análisis y comparte los resultados con el LLPT para validar los datos y la documentación disponible. Los resultados se comparan con el FIS efectivo para actualizar el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos, si es necesario. Los borradores de mapas preparados en esta etapa pueden utilizarse como los mejores datos disponibles para la administración de valles inundables.
- **Fase 3: Actualización del FIRM, Debido Proceso y Distribución del FIRM Efectivo:** Los paneles FIRM se actualizan con los resultados de la Fase 2. Las comunidades y FEMA siguen todos los procedimientos reglamentarios de debido proceso del Programa del Seguro Nacional de Inundación (NFIP), y se adoptan paneles FIRM actualizados como la base reguladora para la administración de valles inundables.

Este plan de diques es el resultado de la colaboración entre FEMA, representantes de Puerto Rico, incluyendo el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico y la Agencia de Manejo de Emergencias de Puerto Rico, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU. (USACE) y otras partes interesadas. El plan resume la coordinación de las partes interesadas, el análisis inicial de datos y las opciones para ilustrar el riesgo de inundación asociado con el sistema de diques en un futuro FIRM.

El Sistema de Diques Palmas del Mar en Humacao se consideraría como no acreditado en un futuro esfuerzo de trazado a menos que se proporcione información para respaldar su acreditación. Por lo tanto, FEMA está utilizando el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos para diques no acreditados con el propósito de desarrollar mapas de riesgo de inundación más refinados en las áreas afectadas por diques.

2 Descripción del Sistema de Diques

2.1 Proyecto Para la Reducción de Daños por Inundaciones en el Municipio de Humacao

El Sistema de Diques Palmas del Mar fue diseñado y construido de forma privada para la comunidad Palmas del Mar. El sistema forma parte del Proyecto Palmas del Mar para reducir el riesgo de inundación dentro del Municipio de Humacao. El Sistema de Diques Palmas del Mar se extiende desde 600 metros (1.970 pies) aguas arriba de la desembocadura del Río Candelero al Mar Caribe hasta la Carretera 906. Este sistema se ilustra en la Figura 1.

El Sistema de Diques Palmas del Mar es un dique de tierra que se extiende por 2.30 kilómetros (1.43 millas). El sistema de diques no está actualmente inscrito en el Programa de Rehabilitación del USACE; Si se daña por inundación, el Sistema de Diques Palmas del Mar no puede recibir asistencia del USACE para restaurar el sistema de diques a su condición pre-inundación. Los datos de elevación de campo del USACE NLD no estaban disponibles para informar el análisis del Sistema de Diques Palmas del Mar. En lugar de esta fuente de datos, se proporcionaron medidas de campo, y los datos del terreno informaron las elevaciones de crestas para el Sistema de Diques Palmas del Mar.

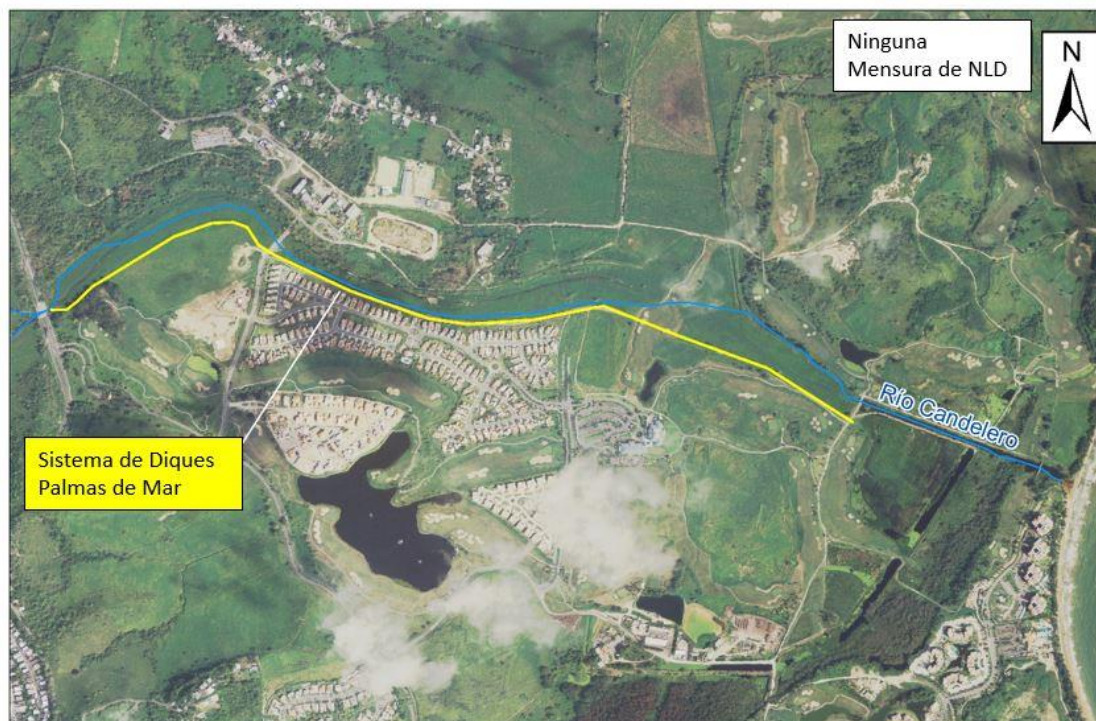


Figura 1: Ubicación del Sistema de Diques Palmas del Mar

2.2 Historia de NFIP y FIRM en la Comunidad

Las Tablas 1 y 2 resumen el historial de las comunidades con respecto al NFIP y FIRM.

Tabla 1. Resumen del Área del Proyecto

Condado	Comunidad	Participando en el NFIP?	Número Estimado de Estructuras Potencialmente Impactadas en Áreas Impactadas por Diques ¹
Municipio de Humacao	Municipio de Humacao	Si	148

Tabla 2. Historial de Mapas de la Comunidad

Nombre de la Comunidad	Identificación Inicial	Fechas de Revisión del Mapa de Límites de Riesgo de Inundación	FIRM Fecha Efectiva	FIRM Fecha de revisión (es)
Municipio de Humacao	1 de Agosto de 1978	15 de Agosto de 1984 3 de Agosto de 1992 2 de Junio de 1999 19 de Julio de 2007	19 de Abril de 2005	18 de Noviembre de 2009

¹ Consulte la Tabla 5 para obtener información adicional sobre las estructuras que podrían ser afectadas.

El Sistema de Diques Palmas del Mar se muestra como una estructura que reduce el riesgo asociado a la inundación de 1 por ciento de probabilidad anual; sin embargo, el sistema de diques no ha sido acreditado.

2.3 Actividades del Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos

El proceso de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos (LAMP, por sus siglas en inglés) se divide en seis actividades distintas: Compilación del LLPT, Inspección de Campo, Análisis Inicial de Dique, Difusión de Información Sobre el Riesgo de Inundación, Finalización del Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos, y Producción/Distribución de Productos Preliminares (ver Tabla 3).

Tabla 3. Actividades Relacionadas al Proyecto

Actividad	Detalles	Fechas Tentativas de Inicio/Fin*
Compilación del LLPT (Fase 0)	Identificación y contacto con individuos para servir en el LLPT.	1/Abril/2019 – 31/Mayo/2019
Inspección en el Campo (Fase 1)	El LLPT determina los tramos de dique y el método de análisis. Se realiza la inspección de campo de estos tramos.	3/Junio/2019 – 7/Junio/2019
Difusión de Información (Fase 1)	El LLPT se reúne para discutir el historial de riesgos de inundación y su conocimiento sobre los diques estudiados.	6/Junio/2019
Realizar un Análisis Inicial de Dique y Desarrollar el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos (Fase 1)	Colaboración entre FEMA y el LLPT para desarrollar análisis basados en la inspección de campo y el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos.	1/Febrero/2019 – 31/Julio/2019
Difusión de Información Sobre el Riesgo de Inundación (Fase 2)	FEMA presenta los resultados del Análisis Inicial de Dique al LLPT para su evaluación. El LLPT trabaja a nivel local para difundir hallazgos que puedan afectar a las comunidades locales. Se discuten las expectativas y el plan para entregar el LAMP.	29/Octubre/2019
Completar y Finalizar el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos LAMP (Fase 2)	FEMA completa el análisis detallado basado en el enfoque elegido, traza los mapas y finaliza el Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos.	Por Determinar
Producir / Emitir Productos Preliminares (Fase 3)	FEMA desarrolla productos preliminares (incluyendo la base de datos FIRM) a partir del análisis revisado anteriormente y los distribuye si esa es la dirección determinada por FEMA y el LLPT.	Por Determinar

* Todas las fechas son provisionales y se ajustarán al ritmo del LLPT.

3 Consorcio Local de Diques

El LLPT se formó para proveer a FEMA información, datos y comentarios sobre los procedimientos que se utilizarán para analizar y trazar tramos de dique, según las condiciones locales del dique. Las partes interesadas que participaron en el LLPT para este proyecto se proveen en la Tabla 4.

Tabla 4. Participantes LLPT

Miembro del LLPT	Información de Contacto
Antonia Maldonado	Asociación de Propietarios de Palmas del Mar 787.285.6425, maldonadolopez@aol.com
Sandra Gracia	Asociación de Propietarios de Palmas del Mar 787.246.6088, sandragracia1205@gmail.com
Luis E. Gómez	Palmas Plantation 787.473.2600, gomegle@mac.com
Servando Díaz	Club Atlético de Palmas 787.342.4407, servando.diaz@gmail.com
Erasmus Reyes	Asociación de Propietarios de Palmas del Mar, Palmas Plantation 787.608.0501, erasmorp@prtc.net
Jesús E. Delgado	Asociación de Propietarios de Palmas del Mar 787.842.2169, pha_arb@live.com
Miguel E. Santiago	Asociación de Propietarios de Palmas del Mar 787.909.6624, miguelesantiago@gmail.com
Luis Raúl Sánchez	Municipio de Humacao 787.852.3066, ext. 2202, elopez@humacao.gov.pr
Anilda Fernández-Vega	Oficina de Planificación del Municipio de Humacao 787.852.3066, afernandez@humacao.gov.pr
Rose Nieves	Oficina de Asuntos Jurídicos del Municipio de Humacao 787.852.3066, ext. 2322, rnieves@humacao.gov.pr
Zugeily Donato	Oficina de Planificación del Municipio de Humacao 787.852.3066, ext. 2214, zdonato@humacao.gov.pr
Sarilveth Flecha	Oficina de Planificación del Municipio de Humacao 787.852.3066, ext. 2214, planificacion@humacao.gov.pr
Wilfredo Más Arroyo	Junta de Planificación de Puerto Rico 787.723.6200, ext. 16018, Mas_W@jp.pr.gov
Sixto A. Machado-Ríos	Junta de Planificación de Puerto Rico 787.645.5808, machado_S@jp.pr.gov
Andrés Rodríguez	Agencia de Manejo de Emergencias de Puerto Rico (PREMA) 787.656.9643, andyfen.PR@aol.com
Gilberto Hernandez Huertas	Agencia de Manejo de Emergencias de Puerto Rico (PREMA) 939.241.0329, ghernandez@prema.pr.gov
Luis Rodriguez	Agencia de Manejo de Emergencias de Puerto Rico (PREMA) 787.487.2189, lrodriguez@prema.pr.gov
Jorge Tous	USACE 904.763.8587, jorge.m.tous@usace.army.mil
Randall Rabb	USACE Randall.l.rabb@usace.army.mil
Héctor González	FEMA Región II 787.309.0145, Hector.Gonzalez5@fema.dhs.gov

Miembro del LLPT	Información de Contacto
Sacha Caraballo	FEMA Región II 202.704.3251, sacha.caraballo-vega@fema.dhs.gov
Shudipto Rahman	FEMA Región II 202.702.4273, Shudipto.Rahman@fema.dhs.gov
Jana Green	FEMA 202.330.3580, jana.green@fema.dhs.gov
Andres Suarez Elicier	FEMA 202.679.4765, andres.suarez.elicier@fema.dhs.gov
Srikanth Koka	STARR II 703.849.0100, skoka@dewberry.com
Jordan Wetzig	STARR II 703.849.0346, jwetzig@dewberry.com
Beatriz Pérez	<i>Resilience Action Partners</i> 703.317.6530, bperez@mbakerintl.com
Matt Kroneberger	<i>Resilience Action Partners</i> 212.237.6373, matt.kroneberger@ogilvy.com
Tom Smith	<i>Resilience Action Partners</i> 703.317.6267, tsmith@mbakerintl.com

4 Comunicación con las Partes Interesadas

4.1 Reunión LLPT 1

La primera reunión del LLPT incluyó a un equipo liderado por FEMA, el cual involucró a las partes interesadas del Sistema de Diques Palmas del Mar. Esta reunión se llevó a cabo el 5 de Junio de 2019 y tomo lugar en la Asociación de Propietarios de Palmas del Mar. La intención de la reunión fue establecer el diálogo, explicar el proceso de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos, y discutir la aplicación de estos procedimientos a el Sistema de Diques Palmas del Mar.

En la reunión inicial de LLPT (LLPT 1), los representantes de FEMA proporcionaron una visión general a las comunidades invitadas, respondieron preguntas sobre los productos, la terminología y los procedimientos de FEMA, además de proveer el orden cronológico para los proyectos de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos. FEMA explicó en detalle los cinco procedimientos descritos en el Documento Final de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos y las distinciones principales entre los procedimientos actuales y anteriores. FEMA y sus contratistas facilitaron la discusión sobre los procedimientos y cómo se aplicaban a cada uno de los sistemas de diques.

Los representantes de las partes interesadas locales proporcionaron información adicional sobre el Sistema de Diques Palmas del Mar y discutieron la participación del USACE en la construcción y la condición actual del sistema de diques. (Ver el Apéndice A para las minutas de la Reunión LLPT 1).

4.2 Reunión LLPT 2

En la segunda reunión del LLPT, la cual tomo lugar el 30 de Octubre de 2019, los participantes revisaron el análisis inicial de datos y discutieron los resultados del proceso de recopilación de datos. Durante la reunión, el equipo de FEMA discutió los resultados del análisis inicial de datos para los

procedimientos de Inundación Basado en Estructuras y Valle Natural. Los resultados del Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos llevaron a una discusión sobre la posesión y el mantenimiento del Sistema de Diques Palmas del Mar con el fin de garantizar que el dique continúe reduciendo los riesgos de inundación de la comunidad.

El Apéndice B proporciona detalles adicionales sobre la Reunión LLPT 2, y los Apéndices C a F proporcionan información de la recopilación de datos.

4.3 Reunión LLPT 3

La Reunión 3 del LLPT se llevó a cabo el 23 de Junio de 2020 para revisar el borrador del Plan de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos con el LLPT antes de finalizarlo.

5 Análisis Inicial de Datos

STARR II desarrolló un análisis inicial de datos para aproximar el área afectada por la inundación con 1 por ciento de probabilidad anual para cada Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos. Esto informó las discusiones en la Reunión LLPT 2 y la conferencia telefónica pre-Reunión LLPT 3. A continuación se proporcionan detalles del análisis inicial de datos y la aplicación de los procedimientos de análisis de tramo de dique. El Apéndice F proporciona datos de respaldo.

5.1 Análisis Hidrológico

Se analizó el evento de flujo con 1 por ciento de probabilidad anual para el Río Candelero, y se calcularon hidrogramas de flujo como parte del análisis inicial. Para analizar el evento de flujo, se desarrolló un modelo de lluvia-escorrentía del Sistema de Modelización Hidrológica (HEC-HMS, por sus siglas en inglés) del Centro de Ingeniería Hidrológica para el Río Candelero. Se utilizaron los estimados de 14 puntos de frecuencia de precipitación del Atlas de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) para estimar la profundidad de precipitación de 24 horas con 1 por ciento de probabilidad anual para la cuenca del Río Candelero. Se utilizó la distribución temporal de frecuencias para definir el evento de lluvia de 24 horas. El número de curva del Servicio de Conservación del Suelo (SCS) se utilizó para estimar las pérdidas hidrológicas, y se aplicó un procedimiento de hidrografía unitaria para desarrollar hidrográficas de subcuenca. El método Muskingum-Cunge se utilizó para el enrutamiento de canales. Se extrajeron y utilizaron hidrogramas en puntos de interés significativos en el modelo hidráulico.

5.2 Análisis de Tramo

Se revisaron los datos topográficos (Programa de Elevación 3D de USGS [3DEP] Detección de Luz y Rango de Luz de 1 metro [LiDAR, 2018], disponibles a través del “The National Map” de USGS) y los datos de crestas de diques obtenidos de la Base de Datos Nacional de Diques (NLD) del USACE para definir los sistemas de diques y establecer los límites del tramo para el análisis inicial de datos. Un tramo de dique es cualquier sección continua de un sistema de dique a la que se le puede aplicar un solo procedimiento de análisis de tramo (Sección 5.2 a 5.5). El Sistema de Diques Palmas del Mar se consideró como un tramo único para el análisis inicial de datos. El sistema de diques es relativamente corto (1.43 millas), continuo y de construcción uniforme.

Los datos de elevación de campo del USACE NLD no estaban disponibles para informar el análisis. En su lugar, se proporcionó una mensura del sistema de diques tal como estaba construida, y los datos del terreno informaron las elevaciones de crestas para el Sistema de Diques Palmas del Mar.

Basado en la revisión de los datos disponibles, el Sistema de Diques Palmas del Mar no cumple con los requisitos mínimos de francobordo de 44 CFR 65.10 para la totalidad del sistema de diques, como se muestra en la exhibición de perfil de diques en el Apéndice C.

5.3 Procedimiento de Valle Natural

El Procedimiento de Valle Natural se modeló preservando las características topográficas del tramo y la canalización del dique en el terreno subyacente, pero descendiendo las elevaciones modeladas de la cresta del dique para igualar la elevación del fondo del dique terrestre, lo que permitió el flujo en ambos lados de la estructura del dique. El valle de inundación resultante se caracteriza por la desviación del flujo y el potencial para el almacenamiento del valle de inundación. Una simulación de flujo bidimensional inestable (2-D) provee mejor información de profundidad/velocidad que un análisis de flujo constante unidimensional (1-D). Por lo tanto, se seleccionó el programa del Centro de Ingeniería Hidrológica - Sistema de Análisis de Río (HEC-RAS) 5.0.7 del USACE, que tiene capacidad de análisis de flujo en 2-D. Se desarrolló un modelo HEC-RAS combinando los métodos 1D / 2D para el procedimiento de valle natural. El valle de inundación del Valle Natural con 1 por ciento de probabilidad anual que refleja el escenario de descenso de la elevación de los diques se desarrolló utilizando el modelo HEC-RAS para el valle de inundación del Río Candelero.

5.4 Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras

Para el Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras se completaron análisis de ruptura hipotéticos en dos ubicaciones independientes a lo largo del tramo del dique. Las guías actuales recomiendan que ocurra una ruptura en el extremo aguas arriba del sistema de diques y otra en el extremo aguas abajo del sistema de diques. Esta guía se utilizó junto con el juicio de ingeniería basado en los datos topográficos y geológicos disponibles y el francobordo disponible en cada punto a lo largo del sistema de diques para identificar las ubicaciones probables de las dos rupturas. El ancho de la abertura aguas arriba se estableció en 150 pies, y el ancho de la abertura aguas abajo se estableció en 130 pies. Cada ruptura se analizó individualmente utilizando HEC-RAS 5.0.7 (2-D, flujo inestable). Las ubicaciones de las rupturas se desarrollaron solo con fines de análisis y no pretenden indicar un desarrollo de rupturas históricas o futuras. Todas las áreas de rupturas de inundación con 1 por ciento de probabilidad anual fueron compuestas para desarrollar la representación visual final de los resultados del Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras. Las ubicaciones de las rupturas desarrolladas para este modelo se presentan en la **Error! Reference source not found.**

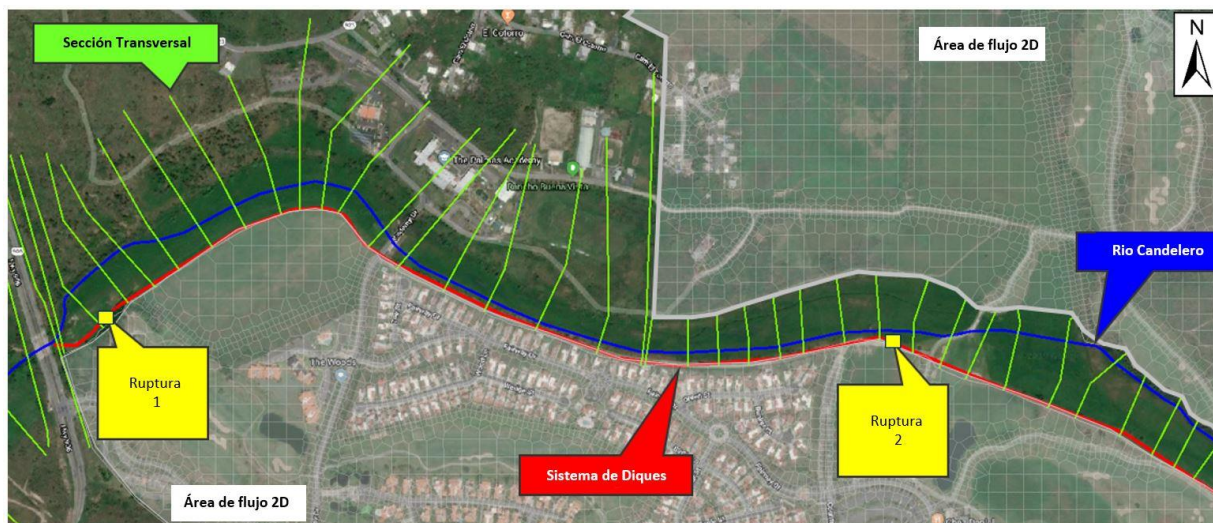


Figura 2 : Mapa de Ubicación de las Rupturas

5.5 Procedimientos de Deficiencia de Francobordo y Desbordamiento

Los procedimientos de Deficiencia de Francobordo y Desbordamiento no aplican al Sistema de Diques Palmas del Mar. No ocurre un desbordamiento durante la inundación con 1 por ciento de probabilidad anual utilizando la metodología descrita en este informe, y los requisitos de datos evitan que se aplique el procedimiento de deficiencia de francobordo. El Apéndice C incluye el perfil del dique.

5.6 Procedimiento de Tramo Prudente

Un Tramo Prudente se describe como un tramo que se ha diseñado, construido y mantenido para resistir los riesgos asociados con la inundación con 1 por ciento de probabilidad anual, de acuerdo con los estándares del 44 CFR 65.10 de las regulaciones NFIP, pero es parte de un sistema de diques que no ha sido acreditado. Los datos actualmente disponibles demuestran que el Procedimiento de Tramo Prudente no es aplicable a el Sistema de Diques Palmas del Mar.

5.7 Revisión del Análisis Inicial de Datos

Los FIRM efectivos muestran el lado terrestre del dique como Zona X sin sombrear. El área inundable sin sombrear de la Zona X se define como un área con un riesgo mínimo de inundación por el evento con 1 por ciento de probabilidad anual. Los resultados del Procedimiento de Valle Natural identifican el riesgo de inundación si el sistema de diques no reduce los riesgos de inundación durante el evento de inundación base. La **Error! Reference source not found.** ilustra el área de inundación aproximada causada por la inundación con 1 por ciento de probabilidad anual, utilizando el Procedimiento de Valle Natural dentro del área afectada por el dique. La **Error! Reference source not found.** muestra una cuadrícula de profundidad aproximada utilizando el Procedimiento de Valle Natural dentro del área impactada por el dique.

Cabe señalar que el modelo hidráulico HEC-RAS 1D para el nivel de inundación base de aviso del Río Candelero se convirtió en un modelo hidráulico HEC-RAS 1-D / 2-D inestable para evaluar los

procedimientos de análisis de ruptura. El Apéndice F (DVD) proporciona información adicional con respecto a la metodología utilizada en los análisis iniciales de datos.

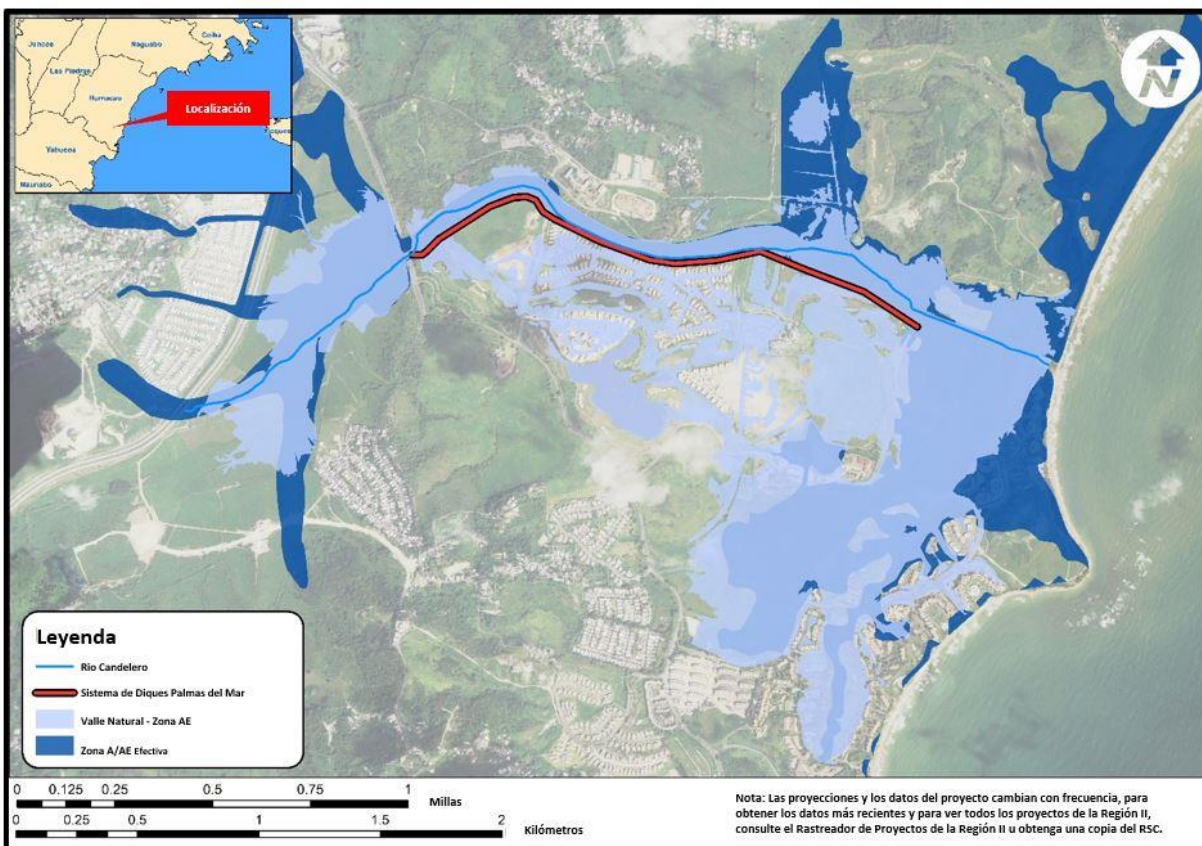


Figura 3: Procedimiento de Valle Natural

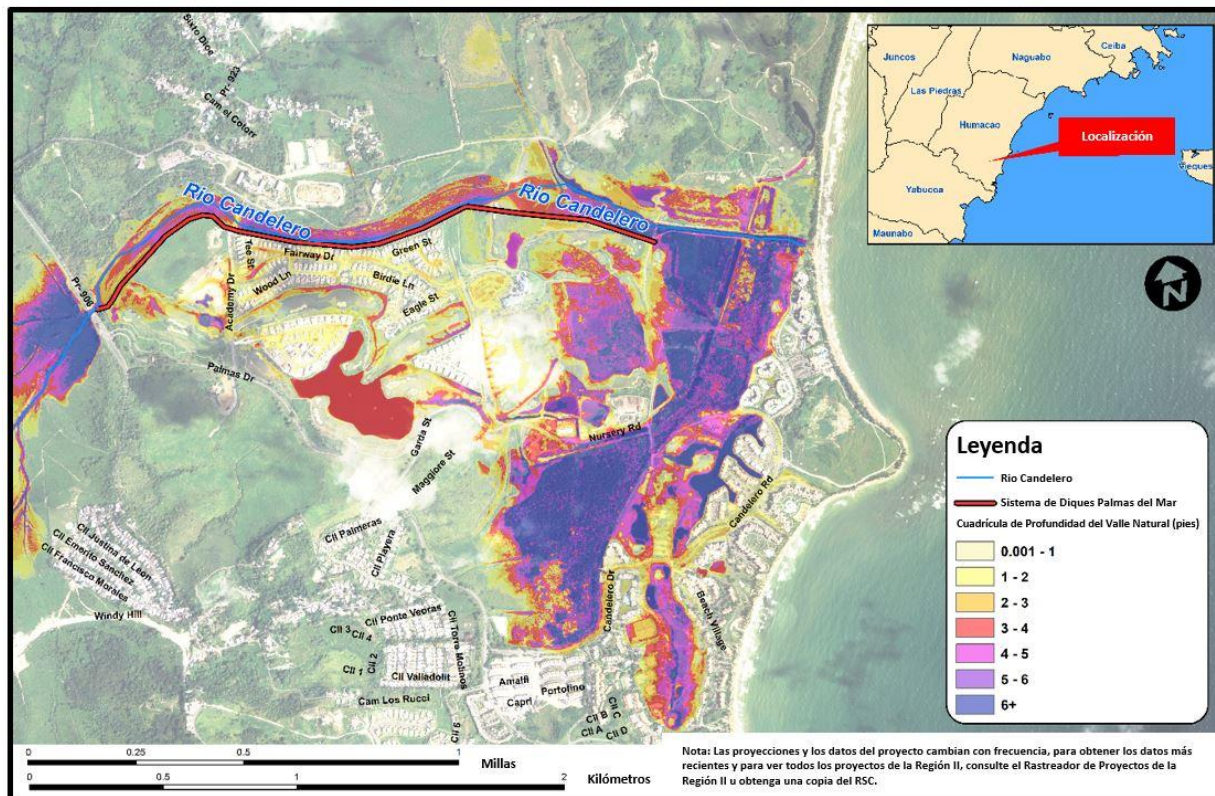


Figura 4: Cuadrícula de Profundidad del Procedimiento de Inundación de Valle Natural

Los resultados compuestos del Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras, que se muestran en las **Error! Reference source not found.** y **Error! Reference source not found.**, producen una disminución en el área de inundación dentro de las áreas afectadas por el dique, en comparación con el Procedimiento de Valle Natural. Con menos flujo pasando por el lado terrestre del sistema de diques, se observa una mayor cantidad de inundaciones en las áreas sin dique del Río Candelero. Dado que el Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras es un compuesto de solo dos escenarios de falla y no refleja todos los posibles riesgos de inundación debido a una ruptura, el Procedimiento de Valle Natural se utilizaría para estudiar el riesgo de inundación del dique si no se proporcionan datos adicionales o se proporcionan datos incompletos para los sistemas de diques.

Los funcionarios de la comunidad y los administradores de emergencias pueden usar los resultados del Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras para informar la planificación de acciones de emergencia y la divulgación a los residentes que viven y trabajan dentro del área afectada por los diques. El Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras es un recordatorio importante de que, si se produce una falla en un sistema de diques, las áreas a lo largo o cerca del tramo tienen un mayor riesgo de flujo de alta velocidad e inundación, lo que podría ocurrir con poca o ninguna advertencia.

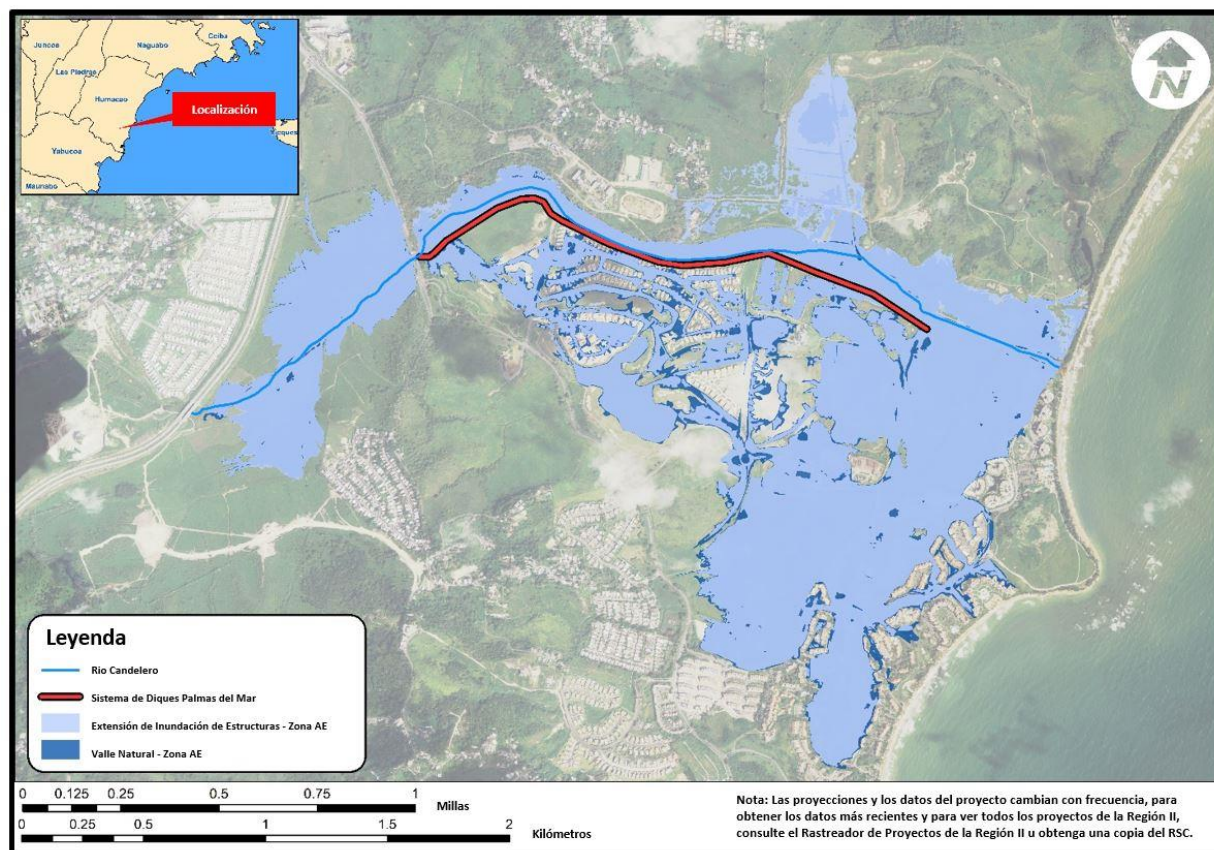


Figura 5: Procedimiento de Inundación de Estructuras

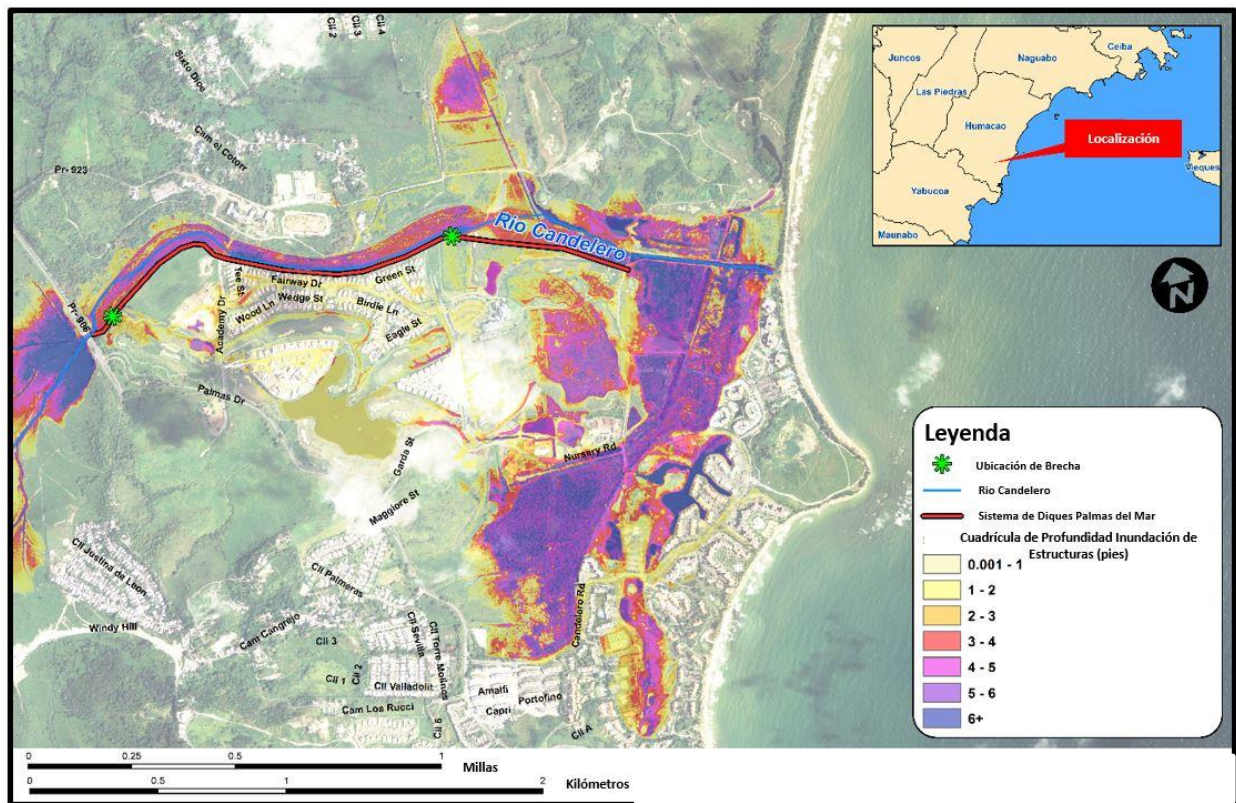


Figura 6: Cuadrícula de Profundidad del Procedimiento de Inundación de Estructura

Error! Reference source not found. incluye un resumen de los resultados obtenidos del Análisis I nicial de Datos.

Tabla 5. Resultados del Análisis Inicial de Datos

Tramo	Longitud Aproximada del Segmento del Dique m (ft)	Comentarios: Procedimiento de Valle Natural ² (Figura 2)	Comentarios: Procedimiento de Inundación Basado en Estructuras ³ (Figura 4)
		# Aproximado de Estructuras ⁶ Impactadas por la Zona A: 148	# Aproximado de Estructuras Impactadas por la Zona A: 148
Sistema de Diques Palmas del Mar	2,300 (7,560)	Resultados del modelo hidráulico actualizado (1D/2D). Estima la posible inundación/área afectada por el dique si no se identifica como estructura de reducción de riesgo de inundación.	El alcance de la inundación con 1 por ciento de probabilidad anual es similar al Procedimiento de Valle Natural. Puede ser utilizado para planificación de emergencia.

² Representa el tramo del dique como que no reduce el riesgo de inundación. No se requieren datos adicionales para respaldar estudios futuros.

³ Análisis hipotético de ruptura de diques. No se requieren datos adicionales para respaldar estudios futuros.

⁴ Se cumplen todos los requisitos mínimos del 44 CFR 65.10. Datos certificados que cumplen con 44 CFR 65.10 necesarios para respaldar estudios futuros.

⁵ La data del 44 CFR 65.10 puede ser sometida para un sistema de diques hidráulicamente independiente.

⁶ Número aproximado de estructuras impactadas, estimado a base de imágenes aéreas.

6 Pasos Siguientes

6.1 Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos

El proyecto Palmas del Mar incluye el Sistema de Diques Palmas del Mar. El sistema de diques se muestra en el FIRM efectivo como reduciendo los riesgos de inundación. Sin embargo, como FEMA no ha recibido datos que respalden los requisitos del 44 CFR 65.10 para el proyecto del dique, los sistemas del dique se considerarían no acreditados en un futuro esfuerzo cartográfico.

FEMA involucró a representantes de Puerto Rico durante todo el proceso de Análisis de Diques y Procedimientos Cartográficos para diques no acreditados para ayudar a identificar posibles opciones para evaluar el riesgo de inundación de las áreas afectadas por los diques. La comunidad está considerando continuar los procesos de certificación y acreditación, para que futuro FIRMs futuros sean trazados con un riesgo reducido de inundación debido a los sistemas de dique.

Si la comunidad puede proporcionar datos que cumplan con 44 CFR 65.10 para el Sistema de Diques Palmas del Mar, el riesgo de inundación de las áreas afectadas podría mostrarse como una Zona X sombreada, con áreas de drenaje interior como Área Especial de Riesgo de Inundación (SFHA, por sus siglas en inglés). Si la comunidad no proporciona los datos requeridos, los FIRMs vigentes con fecha 18 de noviembre de 2009, podrían revisarse para mostrar el riesgo de inundación actualizado utilizando el Procedimiento de Valle Natural, una vez que la Oficina Regional de FEMA incorpore actualizaciones en futuros estudios cartográficos.

FEMA prevé actualizar los mapas de riesgo de inundación en el futuro e informaría a la comunidad antes de iniciar cualquier proyecto de actualización. Datos del dique podrían incorporarse en el mapa final del condado si cumplen con el 44 CFR 65.10 y se proporcionan antes de la Carta de Determinación Final. Sin embargo, los datos que respaldan el 44 CFR 65.10 pueden enviarse a través del proceso de Revisión de Carta de Mapa (LOMR, por sus siglas en inglés) para actualizar el FIRM en cualquier momento. FEMA recomienda que la comunidad coordine con la Región II de FEMA antes de someter, para mantener a la Región informada del estado del dique. Como referencia, el Apéndice D incluye la Lista de Verificación de Acreditación de Diques de FEMA.

7 Referencias

FEMA, Flood Insurance Study, Commonwealth of Puerto Rico and Municipalities, November 2009.

FEMA: Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping, Levees, February 2019

FEMA: Non-Accredited Levee Analysis and Mapping Guidance, September 2013

USACE, National Levee Database (<https://levees.sec.usace.army.mil/#/>), 2019.

Apéndice A

Participación de las Partes Interesadas: Información de la Reunión LLPT 1

Apéndice B
Participación de las Partes Interesadas: Información de la Reunión LLPT 2

Apéndice C

Comparación de Perfil de Francobordo

Apéndice D
Lista de Verificación de Acreditación de Dique

Apéndice E

Información Recopilada

(Apéndice completo proporcionado en DVD)

Apéndice F

Análisis Inicial de Datos

(Apéndice completo proporcionado en DVD)