

# INSPECCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS FICUS DE LAS PLAZAS DE CRISTO DE BURGOS, ENCARNACIÓN Y MUSEO, DETERMINACIÓN DE RIESGO EXISTENTE Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN

Estudio avanzado del estado de conservación de varios de los grandes ejemplares de Ficus macrophylla y Ficus microcarpa monumentales de la ciudad de Sevilla mediante la utilización de aparatos de instrumentología avanzada unido a una inspección y evaluación minuciosa de los mismos tanto en suelo como en altura, realizada por personal cualificado y experto en la materia. Redacción de una serie de medidas de conservación individualizadas para garantizar el desarrollo de estos grandes ejemplares bajo unos parámetros de riesgo tolerables.

**JUNIO 2021** 



**AYUNTAMIENTO DE SEVILLA** 

### ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS
- 2. ÁMBITO DE ACTUACIÓN
- 3. METODOLOGÍA
  - 3.1 Evaluación visual VTA
  - 3.2 Instrumentos de testificación avanzada utilizados
  - 3.3 Evaluación de los vientos dominantes
  - 3.4 Evaluación de riesgo
- 4. HISTÓRICO DE ACTUACIONES Y FRACTURAS
- 5. SITUACIÓN ESPECIAL DEL ARBOLADO DE LA PLAZA CRISTO DE BURGOS,
  PLAZA DE LA ENCARNACIÓN Y PLAZA DEL MUSEO
- 6. INFORMES DE RIESGO INDIVIDUALIZADOS BAJO EL MÉTODO I.S.A
- 7. CONCLUSIONES GENERALES
- 8. RECOMENDACIONES A MEDIO Y A LARGO PLAZO
- 9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO
- 10. COMENTARIO FINAL
- 11. BIBLIOGRAFÍA
- 12. AUTORES
- 13. INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE EL DISPOSITIVO DE SUSTENTACIÓN TERRESTRE *DISART®*

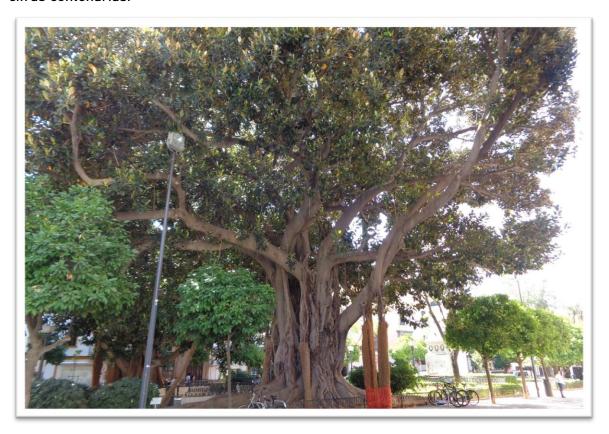




#### 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente estudio se origina tras el especial interés demostrado por el servicio de Parques y Jardines de la ciudad de Sevilla con la finalidad de conservar de forma óptima y bajo unos parámetros de riesgo tolerables varios de los ejemplares monumentales de *Ficus macrophylla* y *Ficus microcarpa*. Ubicados en varias de las plazas más céntricas y de amplio interés social, económico y cultural de la ciudad.

La ciudad de Sevilla cuenta con una estupenda colección de ejemplares de ambas especies, que presentan una serie de peculiaridades que los hacen susceptibles de mostrar un riesgo biótico debido a la tipología de la especie unido a otros parámetros abióticos propios de la ubicación donde se encuentran. La especial capacidad de los ejemplares estudiados para desarrollar raíces epífitas (desconocemos si por factores de genotipo o fenotipo, o incluso ambos) unida a las similitudes bioclimáticas de esta ciudad respecto de las zonas de origen de la especie, hace que se hayan desarrollado hasta unas magnitudes monumentales en relativamente pocos años ya que, según los datos históricos conseguidos la gran mayoría de ellos rondan, con toda probabilidad, cifras centenarias.



Ficus macrophylla ubicados en Plaza Del Museo con implantación de medidas acertadas para el fomento, desarrollo y protección de las raíces aéreas





El objetivo del presente estudio es realizar una inspección concreta del estado actual en el que se encuentran dichos Ficus, efectuar una evaluación de riesgo pormenorizada y recomendar una serie de propuestas y medidas de conservación y/o correctoras para garantizar la continuidad de estos ejemplares en el futuro de una manera segura tanto para los propios ejemplares, así como para las personas que disfrutan de sus grandes beneficios, sin olvidar la conservación del entorno, emblemático también en la mayoría de los casos.

Los principales objetivos del estudio son:

- Analizar la problemática de las unidades de gestión objeto de la visita mediante técnicas de inspección visual (VTA) y criterios actualizados de gestión de arbolado urbano y valoración de riesgo.
- Realizar un estudio de valoración de riesgo individualizado de cada uno de los ejemplares bajo los criterios establecidos por la *Internacional Arboricultural* Society (I.S.A)
- Detectar situaciones de riesgo y proponer medidas correctoras.
- Establecer propuestas técnicas concretas sobre directrices de poda enfocadas a mitigar las problemáticas analizadas.
- Realizar una propuesta generalizadas para mejorar la conservación del arbolado sometido a estudio avanzado, mitigar el riesgo aparente que ofrece y reducir los costes de su gestión.

#### 2 ÁMBITO DE ACTUACIÓN

El ámbito del presente estudio abarca las siguientes zonas de la ciudad de Sevilla:

- Plaza Cristo de Burgos: 4 Ejemplares (ID\_1; ID\_2; ID\_23; ID\_24).
- Plaza de La Encarnación: 2 Ejemplares (ID\_8; ID\_13).
- Plaza del Museo: 2 Ejemplares (ID\_36; ID\_37).

Para un correcto desarrollo del estudio se ha procedido a asignar un número de ID para identificar cada ejemplar individualmente y poder hacer referencias específicas.



Plano de la ciudad de Sevilla, geolocalización de los ejemplares estudiados y asignación de ID´s





#### 3 METODOLOGÍA

A continuación, se expone brevemente la metodología y los aspectos evaluados.

#### 3.1 Evaluación visual VTA

Inicialmente, se procede a hacer un reconocimiento visual de todos los ejemplares mediante el uso de una PEMP (Plataforma Elevadora Móvil de Personas) e implementado por técnicas de trepa en los puntos donde era imposible el acceso de la plataforma o la inclusión del cestillo de la misma en el interior del ejemplar, tal y como indica la Norma RD 2177/2004 de Trabajos Verticales, donde tambien se recoge la excepción de la misma normativa para casos de esta tipología. Todo ello con el objetivo de poder alcanzar el máximo de datos posibles, tanto a nivel de suelo como en altura. Además, y debido a la gran magnitud de los ejemplares estudiados, se han utilizado prismáticos de alta gama para poder visualizar algunas zonas inaccesibles para la plataforma elevadora y potencialmente arriesgadas para realizarlo mediante técnicas de trepa.

El método V.T.A. (*Visual Tree Assessement*), elaborado por C. Mattheck y H. Breoler (docente de la Universidad de Karlsruhe) consiste en la individuación de esos síntomas exteriores que presenta el árbol en presencia de anomalías a cargo de la madera interior. El concepto sobre el que se basa este método es el *"Axioma de la Tensión Constante"*, que constituye una regla general y válida para las estructuras biológicas. La explicación radica en que la estructura biológica del ejemplar se desarrolla de tal forma que asegura una distribución regular de la carga en su superficie en tiempos medios. Ningún punto de la superficie sufre de sobrecarga (punto débil) y ningún punto tiene menor carga (desperdicio de material). Si se altera esta condición óptima del árbol, por ejemplo, a causa de una carie o de una ruptura que pueden actuar a nivel local, así como causas de aumento de presión sobre la estructura por carga de viento constante, el árbol se "apresura" a restablecer el estado de "stress constante" produciendo material de reparación y compensación en las zonas dañadas.

Por lo tanto, esta formación de material de reparación representa una señal o un síntoma ante la presencia de defectos mecánicos y físicos en el interior del árbol (*A. Pestalozza* et al.)

A continuación, una breve descripción de la metodología técnica utilizada:

	tronco y a las ramas primarias o secundarias	
TRONCO Concavidades Depresión Aplanado	Bajada de nivel de la superficie del tronco o de unas ramas primarias con respecto a la estructura normal, aproximadamente cilíndrica en la normalidad de los casos	Posible presencia de cavidades interiores
PUNTOS DE INSERCIÓN DE LAS RAMAS Corteza incluida	Desarrollo anómalo de ramas primarias de tal forma que los tejidos de la corteza de la inserción se encuentran obligados a crecer en oposición el uno contra el otro.	Tensiones interiores en condición de determinar fisuras o deslizamiento de fibras. En los casos más graves se observa la necrosis de los tejidos y también la degeneración debida a carie de los mismos





CÓDIGO PUNTO CRÍTICO	DESCRIPCIÓN DEL SÍNTOMA	PROBABLE DAÑO INTERIOR						
CUELLO O BASE DEL TRONCO Ensanchado Con patas Ahuecado	Ensanchamiento de la sección de base del árbol a la altura del cuello causado por una producción de madera de reacción	Posible presencia de cavidad interior o de madera degenerada						
TRONCO O BASE DEL TRONCO Curvaturas Gibosidades Engrosamiento unilateral Hinchazón Hinchazón en forma de anillo Cuello de botella	Ensanchamiento anómalo de la sección de base del tronco debida a superproducción de tejidos de reacción	Posible degeneración cavidad o fisura interior						
Rama desequilibrada Ramas desequilibradas	Rama que se ha desarrollado a causa de diferentes motivos de forma tal que ha generado unas tensiones anómalas en el tronco, en el punto de inserción o en la misma rama	Stress interiores elevados, deslizamiento de las fibras, torsiones, fisuras						
CUELLO DEL TRONCO RAMAS Cavidades Cavidad en el castillo Cavidad abierta Cavidad en rama/ramas Cavidad grande/pequeña Cavidad pequeña	Reducción de la sección portante de un árbol debida a un daño total o parcial de tejidos interiores. Algunas cavidades pueden tener una o más aberturas hacia el exterior. Las cavidades pueden referirse al cuello	Degeneración de la estructura lignaria con degradación selectiva y no de lignina y celulosa						



Plataforma elevadora durante las inspecciones en altura de los Ficus de Plaza Cristo de Burgos





#### 3.2 Instrumentos de testificación avanzada utilizados

#### Resistógrafo

El resistógrafo es un aparato diseñado para detectar defectos internos de la madera del árbol, midiendo la resistencia de la madera a la perforación por una broca de pequeño diámetro, que avanza empujada por un motor a una velocidad constante, controlada de manera electrónica y con máxima resolución y precisión.

Mediante las lecturas de la resistencia al avance de la broca se pueden deducir las características mecánicas de la madera y su estado de conservación. Los procesos de pudrición, ocasionados por hongos xilófagos descomponedores de la madera en árbol vivo, reducen y alteran las propiedades físicas de la madera.

El resistógrafo es un instrumento versátil, rápido y fiable muy utilizado en arboricultura tanto en bases y troncos como en ramas. El análisis de las gráficas obtenidas permitirá determinar con mejor precisión qué tipo de defecto nos estamos encontrando, si es pudrición en estado incipiente, avanzada o si es una cavidad.





Imagen de la toma y ejemplo de salida gráfica de testificación realizada con Resistógrafo sobre un Ficus macrophylla

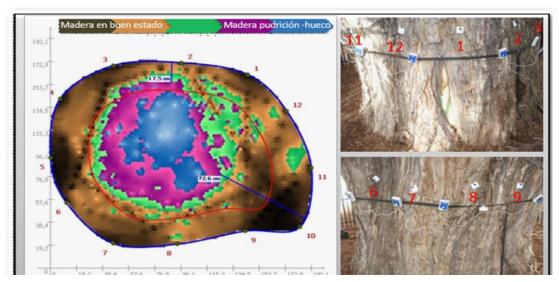




#### Tomógrafo Sónico

El Tomógrafo Sónico PICUS® mide la velocidad de las ondas de sonido al atravesar la madera, y detecta pudriciones y cavidades en los árboles de manera no invasiva. La velocidad del sonido depende del módulo de elasticidad (MOE) y de la densidad intrínseca de la madera. La mayoría de los daños y enfermedades causan fracturas, cavidades o pudrición que reduce la elasticidad y la densidad de la madera.

El PICUS® emplea impulsos de sonido que se emiten y reciben desde un conjunto de sensores distribuidos alrededor del perímetro del árbol, y proporciona una imagen digital en dos dimensiones de la sección del tronco o rama principal del árbol sobre la que se aplica. Los diferentes colores de la imagen obtenida corresponden con distintos estados de la madera (desde completamente sana hasta pudriciones con huecos).



Ejemplo de la prueba de tomógrafo y punto de medición

Normalmente las tomografías se realizan al nivel de la base de los árboles, sin embargo, también aportan información importante relativa a la seguridad en tronco. En ramas también pueden realizarse, pero debido a la complejidad que conlleva, su utilizará en esos casos excepcionales.

El Tomógrafo Sónico, de manera general, se suele emplear para el estudio de arbolado con características especiales, como arbolado singular o árboles de gran porte, y también en otro tipo de arbolado que tenga un cierto tamaño y del que se estime necesario un análisis más detallado del estado de la madera.

#### 3.3 Evaluación de los vientos dominantes

El viento está detrás de un elevado porcentaje de las incidencias generadas sobre el arbolado urbano, por ello a la hora de hacer evaluaciones de riesgo y propuesta de actuación concreta es importante conocer los vientos dominantes de la zona.

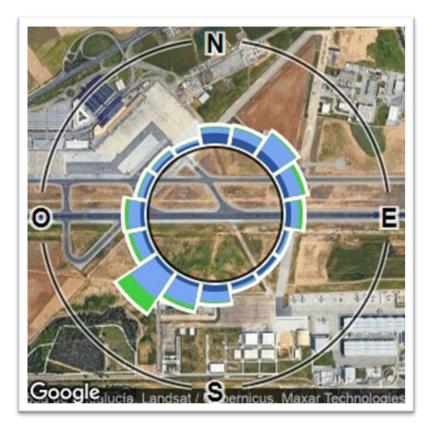




Para evaluar dicha situación, se ha procedido a recabar la información presente en páginas de internet especializadas en recopilar estadísticas sobre vientos y demás fenómenos meteorológicos. Es este caso, se ha recurrido a la página Windfinder, concretamente en la dirección:

https://es.windfinder.com/windstatistics/sevilla\_aeropuerto

A continuación, se expone la Rosa de los Vientos dominantes en la zona bajo estadística anual:



Como se puede apreciar en la imagen, los vientos predominantes provienen principalmente del SW (desde marzo hasta agosto) y del NE (en noviembre/diciembre) cuya media no suelen superar los 22km.

En el desarrollo del punto 5 del presente informe se realizará una evaluación por zonas.

#### 3.4 Evaluación de Riesgo

Para la realización de los Informes VTA se utilizará el formulario de *Evaluación Básica del Riesgo del Arbolado* propuesto por la I.S.A (*International Society of Arboriculture*) adoptado y consensuado nacional e internacionalmente por multitud de organismos y administraciones.

El informe consta de una primera página para la recogida de información y una segunda para la categorización del riesgo y la propuesta de actuaciones necesarias para reducirlo.





En cada uno de estos formularios <u>se recogerán más de 90 aspectos de cada árbol</u> <u>inspeccionado</u>, que se agrupan dentro de los siguientes epígrafes:

- Datos de localización
- Datos dendrométricos
- · Valoración de la Diana
- Factores de la zona, condiciones del viento, cambios en el entorno, condiciones del suelo
- Análisis de árbol, vigor/vitalidad, plagas y enfermedades, factores de carga del empuje del viento y defectos encontrados (Copa, Tronco, Base)
- Categorización del riesgo según matriz de probabilidades
- Valoración global
- · Propuesta de actuación
- · Urgencia de ejecución de la propuesta de actuación

Los informes incorporarán una serie de fotografías, que detallen la estructura y principales defectos del árbol, de forma que se facilite la visión de la información mostrada. Por lo tanto, se mostrarán fotos con la vista general de cada ejemplar, de su base, tronco y copa, de sus problemas, defectos, aspectos destacados de su entorno, etc.

Para facilitar la identificación del árbol se incluirá en el informe una imagen con su ubicación sobre una fotografía aérea o cartografía digital y el correspondiente código de identificación visible que se ha asignado para el presente estudio y que aparece geolocalizado en el punto 2.

Dentro del apartado del informe correspondiente a la categorización del riesgo se incluye la determinación de la probabilidad de fractura o caída de ejemplares o partes del mismo y la valoración de la magnitud de los daños a personas o bienes. Para ello se analizan las diferentes partes del árbol en las que se identifique un problema estructural que pueda provocar una fractura o el vuelco. Se observa el tamaño de la parte que caería y la distancia a las distintas dianas identificadas.

La categorización del riesgo se realiza mediante el uso de varias matrices cruzadas que valoran probabilidad de fallo, probabilidad de impacto y las consecuencias de un accidente. Finalmente se clasifica el riesgo según cuatro posibles valores: bajo, moderado, alto o extremo.

Una vez clasificado el riesgo se procederá a realizar la propuesta o propuestas de actuación que se consideren más adecuadas y la urgencia de ejecución de la misma.

#### 4 HISTÓRICO DE ACTUACIONES Y FRACTURAS

Ficus (macrophylla/microcarpa) es una especie que se ve afectada por diversos factores que pueden derivar en pérdida de grandes ramas o ejes secundarios:





- Biomasa y crecimiento: se trata de ejemplares con una enorme capacidad de generar biomasa, con unos crecimientos muy rápidos que a menudo se encuentran con limitaciones de expansión a nivel radicular y de obtención de agua o nutrientes.
- 2. Ramas codominantes: el anterior hecho unido al desarrollo genético de falsas uniones en las horquillas al desarrollar abundancia de ramas codominantes con corteza incluida puede desembocar en problemas de estrés que deriven en fragilización de algunos ejes de gran dimensión.
- Altas necesidades hídricas: sus requerimientos hídricos para aguantar este ritmo de crecimiento son enormes, por lo tanto, se ven afectados en gran medida por periodos prolongados de sequias y episodios de altas temperaturas durante meses estivales.
- 4. Fragilidad y estrés hídrico: la fragilidad de su madera ante las cargas excesivas y continuas sobre la zona apical en los momentos de estrés hídrico mencionados, ha derivado en ocasiones en la pérdida de alguna de sus ramas o ejes principales.

El histórico de fracturas de ramas de estos ejemplares es el siguiente:

- 5. NOVIEMBRE 2011, ID\_8: Rotura de eje 1 de 1.25 cm de perímetro y 13 m de longitud. Incidente asociado a episodios de vientos fuertes y carga por lluvia.
- AGOSTO 2012, ID\_24: Fractura de dos grandes ramas secundarias por posible deshidratación de los tejidos, asociado a estrés hídrico prolongado y episodio de altas temperaturas.
- 7. FINALES 2020, IDs\_36/37: Raíces dañadas y diversos factores de estrés provocados por obras de remodelación de la Plaza.



Eje 1 del ficus de la Plaza de la Encarnación







Eje fracturado del ID\_8



Detalle del desgarro en el árbol después de la fractura del ID\_8

A grandes rasgos, y evaluando el histórico de actuaciones de poda, se puede constatar que los ejemplares han sido sometidos a podas livianas de mantenimiento y otras de reducción de longitud algo drásticas, además de inspecciones exhaustivas a lo largo de su historia reciente por parte de arbolistas cualificados y certificados.





Se aprecian podas distales de reducción de ejes 2 y 3 que se encuentran horizontalizados y excéntricos en un rango de 10 a 15 cm de diámetro en la gran mayoría de los casos. La finalidad de esta técnica de poda pretende aliviar de peso neto y carga potencial a cada eje, es decir, se intenta subsanar posibles excesos de peso en zonas apicales, minimizando el momento palanca y, como consecuencia, haciendo más compactas las copas y favoreciendo el desarrollo de brotaciones en la parte interna de la copa. Esta gestión ha dado como resultado que estos ejemplares presenten un buen estado de conservación actual. En esta especie se debe tener muy en cuenta su sensibilidad a la insolación directa, hecho que provoca quemaduras corticales inmediatas y que pueden llegar a ser muy graves para la respuesta mecánica de cada zona afectada, por lo que se debería no provocar vacíos en la bóveda foliar externa siempre que se pueda, o colocar protectores de tejido, como la fibra de coco, en las zonas donde por necesidades imperiosas haya quedado algún hueco en el dosel superior.

El alto valor patrimonial y las espectaculares dimensiones de estos árboles hacen que sea necesario utilizar técnicas de trepa para completar las labores realizadas mediante plataformas elevadoras con la finalidad de alcanzar todas las zonas de árbol. Este tipo de trabajos deben ser realizados por arbolistas cualificados, poseedores de la certificación "European Tree Worker" (E.T.W.) expedida por el European Arboricultural Council (EAC) organismo que regula las bases de este tipo de trabajos altamente específicos, o poseer una titulación similar y contrastada como es el Certificado de Profesionalidad Nivel 3 que otorga el Ministerio de Trabajo unida a experiencia acreditada y contrastada en gestión de árboles singulares.

# 5 EVALUACIÓN ESPECIAL DEL ARBOLADO DE LA PLAZA CRISTO DE BURGOS, PLAZA DE LA ENCARNACIÓN Y PLAZA DEL MUSEO

#### PLAZA CRISTO DE BURGOS

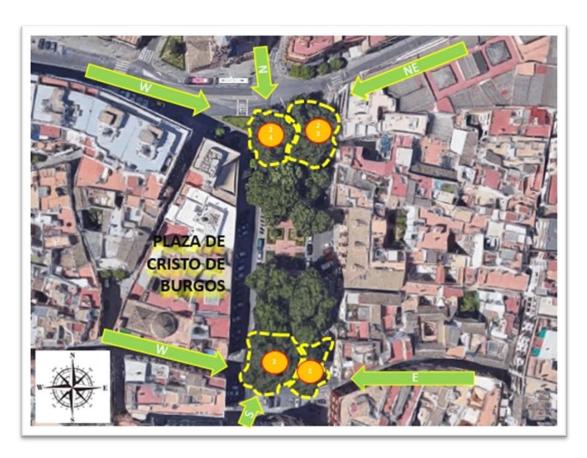
Plaza emblemática de la ciudad de Sevilla con un poso intercultural e histórico enorme. Su rica biografía se remonta principalmente desde el siglo XIV, sazonada de hechos de importancia social que tapizan parte del libro de la historia de esta ciudad.

Se trata de una de las plazas más transitadas de la ciudad. La fisonomía actual que presenta responde, en gran medida, al proyecto que en 1865 realizara el entonces arquitecto municipal Balbino Marrón. El lado norte lo cierra la Iglesia de San Pedro precedida por la plaza de su nombre.

Su interior integra la verdadera zona de estancia y paseo en el que el principal atractivo vegetal lo constituyen cuatro grandes "árboles de las lianas" (Ficus *macrophylla*) con las características raíces aéreas, traídos del Parque de María Luisa y plantados hacia 1925 que delimitan la plaza por sus cuatro esquinas.







Incidencia de vientos predominantes

El sistema radicular de estos grandes árboles debería de ser de magnitudes descomunales, se tiene constancia en otros ejemplares de la misma especie de la presencia de grandes raíces de transporte de más de 80cm de perímetro a mas de 50 metros del tronco principal, por lo tanto, no es arriesgado aventurar que las dimensiones reales del sistema radicular superen con creces la pírrica línea de goteo de sus copas. Hecho paradójico viendo la escasa superficie donde se recoge el grueso visible de su plato radical.

La plaza presenta tres túneles de viento principales:

- 1. Bajo vientos fuertes de Levante (E/NE) y Poniente (W), la orientación y disposición de la calle Imagen y la calle Almirante Apodaca, hace que entre un fuerte túnel de viento por esa zona, viéndose afectado la cara este y oeste de los ejemplares ID\_23 e ID\_24. Del mismo modo estrían afectados bajo los mismos vientos los ID\_1 y el ID\_2 en la confluencia de la Plaza y las calles Ortiz de Zúñiga y Dormitorio.
- Bajo vientos fuertes de Norte y Sur el túnel de viento se centra en la confluencia de las calles Doña María Coronel y la calle Imagen viéndose afectada la cara NW del ejemplar ID\_24. Los que entran desde Sur por la C/ Sales y Ferré afectaría principalmente al ID\_2.





#### PLAZA DE LA ENCARNACIÓN

La plaza es producto de las modificaciones urbanísticas llevadas en la zona desde el siglo XVI hasta nuestros días. Debe su nombre al desaparecido convento de la Encarnación, de la Orden de San Agustín, cuyo edificio ocupaba parte de la plaza.

Desde el año 1580 se menciona la plaza de Regina, que abarcaba parte del lado norte de la actual, mientras que en lado sur se ubicaba la plaza de don Pedro Ponce. En este emplazamiento tuvieron sus casas principales las mejores familias de la nobleza sevillana.

Durante los siglos XVI al XVIII se produjeron varias reformas de la plaza, y es en el año 1973 donde se procede a la demolición de la parte que quedaba del mercado.

El solar permaneció sin reformar desde 1973, y ha sido empleado como aparcamiento en superficie o cochera de autobuses. En el año 2004 se llevó a cabo un concurso internacional de ideas para la rehabilitación de la plaza que ganó el arquitecto alemán Jürgen Mayer con el proyecto "Metropol Parasol", que consistía en una estructura de madera con forma de grandes setas apoyada sobre pilares de hormigón realizado entre los años 2005 hasta el 2011 en el que se concluyó.

Dicho proyecto supuso la peatonalización casi completa de la antigua Plaza de la Encarnación, otrora nudo de comunicaciones y cabecera de numerosas líneas de la red municipal de autobuses cuyas paradas se trasladaron a la vecina Plaza Ponce de León.

De la antigua jardinería de la plaza no queda casi nada, y en la actualidad destacan dos notables ejemplares de laurel de indias (Ficus *microcarpa*) además de otras especies.

El sistema radicular de estos grandes árboles debería de ser de magnitudes descomunales, se tiene constancia en otros ejemplares de la misma especie de la presencia de grandes raíces de transporte de más de 80cm de perímetro a más de 50 metros del tronco principal, por lo tanto, no es arriesgado aventurar que las dimensiones reales del sistema radicular superen con creces la pírrica línea de goteo de sus copas. Hecho paradójico viendo la escasa superficie donde se recoge el grueso visible de su plato radical.

La plaza presenta dos túneles de viento principales:

- Bajo vientos fuertes de Levante (E) y Poniente (W), la orientación y disposición de la calle Imagen hace que entren un fuerte túnel de viento por esa zona, viéndose afectado la cara este y oeste del ejemplar ID\_13.
- 2. Bajo vientos fuertes de Norte (N) y Sur (S), la orientación y disposición de la zona norte de la propia plaza y la calle José Luis Luque, hace que entren un fuerte túnel de viento por esa zona y probables turbulencias, viéndose afectado la cara este del ejemplar ID\_8.







Incidencia de vientos predominantes

#### PLAZA DEL MUSEO

La plaza ocupa gran parte del solar del desaparecido Convento Casa Grande de la Merced siendo lo que de él queda el actual Museo de Bellas Artes, al que la plaza debe su nombre actual. Derribada la casi totalidad del convento en 1840, a resultas de la Desamortización, se decidió en 1846 destinar a paseo el espacio que quedó libre, trazándose el mismo con planos del arquitecto municipal Balbino Marrón y dirección artística del pintor Andrés Rossi inaugurándose con motivo de la boda de Isabel II, y recibiendo diferentes denominaciones: Paseo o Plaza de la Merced, Jardines de la Merced, Paseo del Museo, Alameda del Museo, y Plaza del Museo, puesto que el edificio del antiguo convento fue destinado a museo de pinturas. A principios del siglo XX recibió el nombre de Plaza del Conde de Casa Galindo, que siendo presidente de la Academia de Bellas Artes residía en una gran casa todavía hoy existente en la esquina de la calle Alfonso XII con la de San Vicente, frente al propio Museo. En 1931 se le devolvió el nombre de Plaza del Museo.

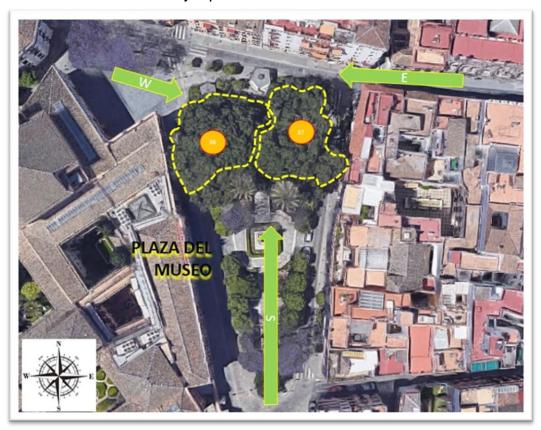
La Plaza del Museo fue objeto, como otras grandes plazas del centro de la ciudad, de las típicas operaciones urbanas del siglo XIX. La zona de estancia cercana a la calle Alfonso XII (la menos modificada) permanece cobijada por la notable presencia de dos grandes árboles de las lianas (Ficus *macrophylla*) objeto del presente estudio.

La plaza presenta dos túneles de viento principales:





- Bajo vientos fuertes de Levante (E) y Poniente (W), la orientación y disposición de la calle Imagen hace que entren un fuerte túnel de viento por esa zona, viéndose afectado la cara este y oeste de los ejemplares ID\_36 e ID\_37.
- Bajo vientos fuertes de Sur (S), la orientación y disposición de la propia plaza y la calle Rafael Calvo, hace que entren un fuerte túnel de viento por esa zona, viéndose afectados los ejemplares ID\_36 e ID\_37.



Incidencia de vientos predominantes

Cabe destacar que, en lo que respecta a la altura de los ejemplares ubicados en las tres plazas objeto del presente estudio, estos no superaban casi en ninguno de los casos el umbral de altura de los edificios adyacentes lo que hace que el impacto de la carga que pudiese ejercer el viento sea menor y que se corresponderá, casi exclusivamente, a los vientos encajonados provenientes de los túneles descritos en cada una de las situaciones.

En conclusión, las zonas mencionadas son susceptibles de verse afectadas por incidencias durante episodios de vientos fuertes y sobre todo son más sensibles a problemas de desadaptación provocados por las podas, por lo que las actuaciones que se realicen en estas zonas deben de tener presente este hecho e intentar favorecer la compactación de la cúpula externa y no desorganizar la forma aerodinámica de las copas.

6. INFORMES DE RIESGO INDIVIDUALIZADOS SEGÚN EL MÉTODO I.S.A







## PLAZA CRISTO DE BURGOS

## Ficus macrophylla ID\_1





## ÍNDICE

1.	HIS	TÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	18
1	.1	ACTUACIONES REALIZADAS	18
1	.2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	18
1	.3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	19
2.	EVA	LUACIONES	20
2	2.1	ESTADO FISOLÓGICO	20
2	2.2	ESTADO BIOMECÁNICO	22
2	2.3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	23
3.	DIA	GNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	23
3	3.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	23
3	3.2	Problemas añadidos en su entorno	24
4.	Eva	luación de riesgo según categorización del método I.S.A	25
7	i.1	Evaluación de la Diana	25
7	.2	Evaluación de los factores del lugar	25
4	1.3	Salud de árbol y perfil de la especie	25
4	.4	Factores de carga	26
4	.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	26
C	OPA	Y RAMAs	26
T	RON	00	27
C	UELI	LO y RAÍCES	28
4	1.6	Categorización del Riesgo	28
5.	CON	ICLUSIONES	29
6.	PRO	PUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	29
7.	PRO	PUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	30
8.	PRO	PUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	30
8	3.1	Descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estru 31	ıctural
8	3.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCT 37	ΓURAL
9.	CON	/ENTARIO FINAL	38

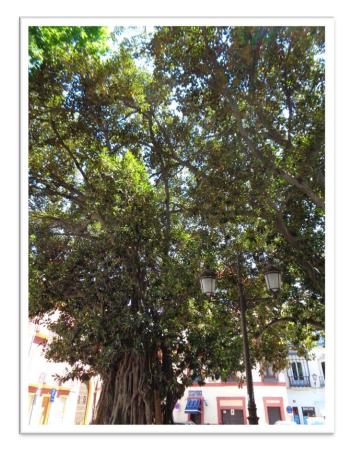




#### 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

#### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar codominante de gran dimensión, estructurado, desequilibrado en su copa y dominado levemente por el desarrollo del ejemplar ID\_2 adyacente, el cual presenta parte de su copa invadiendo su espacio y obligándole a desarrollarse en la vertiente SE/NE de la plaza. En lo que respecta a su mantenimiento decir que su gestión se ha basado principalmente en continuas podas de reducción de ejes secundarios excéntricos de un calibre significativo con el fin de evitar peso en las zonas distales y evitar momentos de palanca que pudiesen acabar con la fractura de los mismos. Observamos heridas con madera vista de ejes fracturados con anterioridad y que muy probablemente se deban a roturas de tipología SBD.



Vista principal del ejemplar ID\_1

#### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Todos los ejemplares de esta especie fueron plantados hacia el 1925 y ubicados en las cuatro esquinas de la plaza, por lo que se estima en más de la centena los años de vida de estos imponentes seres vivos.

Durante el año 2020 se produjeron una serie de obras en la parte Sur de la plaza a fin de mejorar el pavimentado de acera y la mejora en las canalizaciones de suministros de la ciudad. Es posible que, como consecuencia de las mismas, haya habido algún tipo de sufrimiento radicular, compactación y cortes de algunas raíces. A simple vista





resulta insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol tan majestuoso, siendo un hecho común para todos los ejemplares inspeccionados en el presente informe.



Vista de la cara Este del ID\_1

#### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

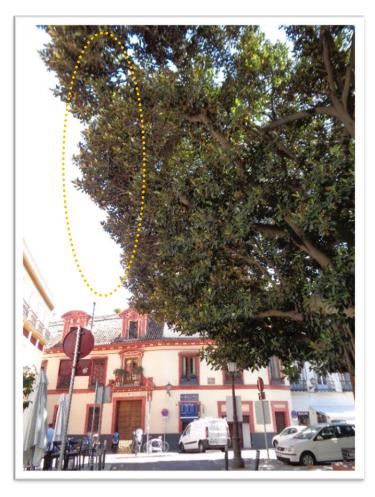
Se observan heridas con madera vista en varios puntos como consecuencia de fracturas tipo SBD en ejes secundarios.



Ejes secundarios fracturados.







Detalle de la poda de reducción en la cara E.

#### 2. EVALUACIONES

#### 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor tanto en la parte apical como en el interior del ejemplar. Solamente se observan algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones.

La densidad foliar de la copa es bastante profusa y en el momento de la inspección se producían caídas puntuales de hojas provocado, casi con toda seguridad, por la falta de humedad y riegos.







Heridas con madera vista provocadas por fractura SDB. Decoloración foliar puntual



Densidad foliar adecuada y brotaciones abundantes





#### 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura peculiar y anárquica a partes iguales en la que se observa importantes defectos significativos a nivel de ejes principales y secundarios. Parte de esta peculiaridad reside en el mal llamado tronco del árbol ya que no es más que el punto de confluencia de todos los ejes primarios casi fundidos pero que no presentan un correcto entrelazado interior de fibras suficiente como para dotar de estabilidad ese punto crítico. En algunos casos se observa anastomosis tanto en troncos principales como en ramas secundarias.





"Detalle de la zona del tronco" y ejes con anastomosis

Además, la mayoría de las uniones y horquillas muestran cortezas incluidas, algunas con leves fisuras y pequeñas exudaciones. En general, su estructura es potencialmente inestable ya no sólo en condiciones climáticas adversas sino en cualquier momento dado su gran volumen y peso de todo el conjunto. Su centro de masa se encuentra desplazado debido a su desequilibrio y dominación leve por parte del ejemplar adyacente.





Exudaciones y corteza incluida de ejes secundarios





#### 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

No se aprecia presencia de cuerpos fructíferos ni actividad fúngica. Tampoco se detecta sintomatología externa de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia casi testimonial de pulgón.

#### 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

- Existen leves quemaduras solares provocadas por el acortamiento de los ejes secundarios y la apertura de claros en la bóveda foliar que, posteriormente, derivarán en asuramientos. Este leve defecto no afecta actualmente a la probabilidad de fallo de alguna de sus ramas, pero se deberá evaluar en el futuro para comprobar su evolución.
- Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de compensación.



Quemaduras solares



Pequeñas cavidades





- Se trata de un árbol adulto y se encontraría en Fase 6 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando y sustituyendo a partes iguales. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.
- Esta especie tiene la capacidad de aferrarse en esta etapa de desarrollo durante gran cantidad de años.
- Presenta las características zonas de inclusión de madera y anastomosis de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.

#### 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada, en una plaza con orientación Sur y una elevada exposición lumínica. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducido parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por una valla perimetral de escasa altura y que provoca daños en las partes de las raíces más cercanas a ella.
- Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque.



Situación del árbol con vientos predominantes

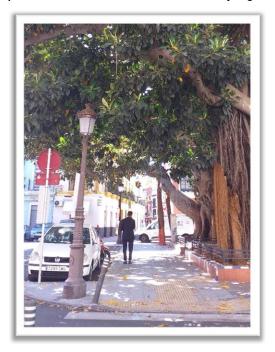




# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO I.S.A

#### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito de vehículos y personas en la zona Sur y Este, además existe la ocupación de una terraza de bar. En la cara Sur observamos otra terraza de restaurante y aparcamiento de vehículos. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas centrales del día. En la proximidad se encuentran zona de juegos infantiles.





Detalle de la dianas

#### 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar, hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación elevada. Los vientos predominantes son de sentido SW, aunque se pueden dar corrientes de túnel W/E por la disposición de las calles Zúñiga y Dormitorio. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes laterales de cualquier tamaño.

#### 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje tanto interior como exterior, poca presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual. Existen raíces aéreas en periodo





de desarrollo y otras que presentan algunos cortes y golpes en las zonas del suelo. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

#### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de mediano tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona interior y exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición se encuentra protegida por el ejemplar adyacente y los edificios cercanos tanto de manera lateral como en altura. La orografía de esta zona de la plaza hace posible la aparición de vientos encajonados de efecto túnel W-E. Existe la previsión de modificar la estructura del árbol cercano mediante una reducción de copa, dato a tener en cuenta en la propuesta de mantenimiento de este ejemplar.

## 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

#### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa ligeramente desequilibrada en la que se observa escasa presencia de ramaje seco. Las uniones e inserciones de ejes entre son aceptables según la tipología de la especie, aunque presentan puntos débiles cuando esta unión se materializa de manera horizontal en ejes de medio y gran calibre donde se registran zonas de tensión acumulada. Presentan cortezas incluidas en varios puntos y rozamientos en casi la totalidad de ejes principales y secundarios de su anárquica copa, donde existe una especie de "sálvese quien pueda" a la hora de colonizar espacios lumínicos.

Uno de los ejes principales, el que se encuentra orientado hacia el Sur, presenta un alto brazo de palanca, una excentricidad y horizontalidad muy acusadas y cierto abandono de la estructura general por lo que se estudiará una solución específica para mitigar el riesgo de fractura que manifiesta.

El historial de poda se ha basado en actuaciones de reducción de ejes excéntricos con sobrepeso y potencial riesgo de fractura que, en algunos casos, sospechamos que han podido ser algo exageradas, principalmente en la vertiente Este, cercana a los edificios de la Plaza. Debido a la especia que es, existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna.



Ejes excéntricos









Inserciones de ejes secundarios y desequilibrio de la copa

#### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales y un notable grupo de raíces aéreas proporcionando una gran estabilidad y en la que existen zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar. No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas. Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie.

La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma.



Tronco formado por una amalgama de ejes principales y raíces aéreas





#### **CUELLO Y RAÍCES**

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Ocupan prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces. Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo. Durante la inspección no se han detectado defectos destacables.



Tipología de raíces acostilladas

#### 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO MODERADO.

				-	·						Pr	ohal	hilid	ad									
	Parte del árbol	Consideraciones de preocupación	Tamaño de la parte	Distancia de caída a diana	Número de Diana	Protección de diana	Fallo				Probabilidad Impacto				Fallo e Impacto (Matria 1)				Consecuencias				ación go
Delecto							Improbable	Posible	Probable	Inminente	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Improbable	Algo probable	Probable	Muy Probable	Insignificante	Menor	Significativa	Severo	Categorización del riesgo (Maraz )
		Presentan	35 cm	10m	1	No			X				X			x					X		Moderade
1	horizontal	sobrexposición, desadaptación, y exceso	35 cm	10m	2	No	П		x				x			x					x		Moderad
		de peso y longitud.	35 cm	10m	3	No			x					x			x			x			Moderad
		Algunos presentan corteza incluida y suelen fallar bajo condiciones climatológicas adversas.	90 cm	6m	1	No	Г		x		Г		x			x						х	Moderade
2			80	5	2	No			X				X			x						х	Moderade
3																							
1																							





#### 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros, y complementándose con técnicas de trepa allí donde por limitaciones de espacio no era posible acercarse de otro modo, se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de gran dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana tanto de personas como de vehículos.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento no es muy grande al encontrase protegido tanto lateralmente como en altura por los edificios cercanos y el árbol adyacente.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 y ejes 2 y 3 debido a cortezas incluidas, horizontalidad, excentricidad y tensiones acumuladas. Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.
- Falta de mantenimiento y estimulación de las raíces aéreas que ya se están emitiendo.
- Existe un eje principal excéntrico orientado hacia el Sur que convendría ser tratado de manera individual mediante apoyo terrestre tipo DISART®.

Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

#### 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- Aporte hídrico necesario que se aumentaría según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 3. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- 4. Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.
- 5. Se debería consolidar el proceso, ya comenzado, referente a las raíces aéreas y estimular la creación de las mismas en otros puntos, así como mejorar su hidratación. Estos árboles necesitan vivamente estos puntales naturales para estabilizar su estructura que tan rápido crece. Se utilizará fibra de coco y tutores





- para apuntalar dichas raíces y se regarán una vez por semana hasta que penetren en el suelo y se consiga su afianzamiento.
- 6. Se realizarán podas leves de reducción en puntos concretos de no más de 2 metros de longitud. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa, aprovechando tirasavias epítonos y respetando la regla del 1/3 entre la rama principal y el brote seleccionado.
- 7. Para evitar la fractura y caída de las ramas al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 8. Instalación de apoyo terrestre tipo DISART® en el eje Sur. (Ver punto 8.1).
- 9. Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.

#### 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:

- Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- Realizar podas periódicas basadas en una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5/2 m) para seguir conservando una forma determinada a salvo de excentricidades y crecimientos indeseados. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 4. Fomentar de desarrollo de raíces aéreas y consolidar las ya existentes.
- 5. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.

#### 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una *S.A.* no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.





Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una *S.A.* es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una *S.A.* se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.

Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.

Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

## 8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a tres niveles:

1. Estabilización a nivel de ejes principales (1).

Aproximadamente a unos 7/8 metros de altura se trataría de consolidar la estructura principal mediante la unión de los ejes principales en los puntos más adecuados según cada uno de ellos, pero evitando diferencias de altura entre ejes en este primer piso de unión si fuese posible. De esta manera afianzaríamos por un lado la estructura principal implicando a todos los ejes a realizar esfuerzos solidarios y más o menos uniformes, y por otro, elevaríamos el centro de masa, acortando de esta manera el momento palanca de los ejes secundarios, lo que también descargaría de tensión acumulada la zona del cuello/raíces.

2. Estabilización de ejes secundarios (2).

Una vez afianzado el primer piso, se procede a realizar la instalación de sustentaciones de la parte más alta mediante la utilización técnicas mixtas de cableados dinámicos y semiestáticas, es lo que se conoce como "punta y stop", es decir, un cable de sustentación se





#### PLAZA CRISTO DE BURGOS

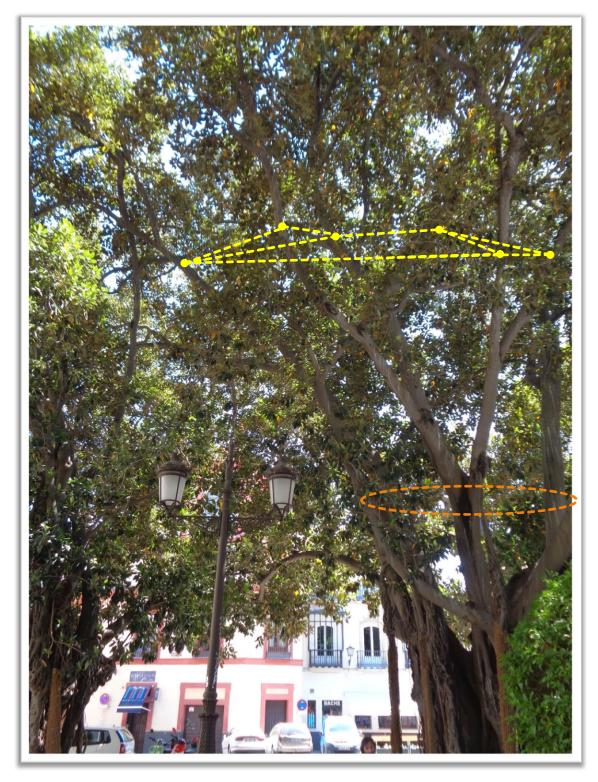
colocaría en la punta para evitar sobrecargas y movimientos indeseados a la vez que sujetaría a la zona terminal de la rama en caso de fractura; y otro cable se instalaría en la base de la rama sustentada casi con la única finalidad de intentar evitar que esta cayese al suelo en caso de fractura. Los puntos de aplicación de estas sustentaciones deben ser verificados en el mismo momento de la colocación.



Esquema aproximado del primer piso de sustentaciones en ejes 1







Esquema aproximado de la instalación de sustentaciones en ejes secundarios (arriba) y ejes 1 (abajo)

3. Estabilización del eje principal excéntrico de la cara Sur con metodología tipo *DISART®*.

Este eje 1 presenta una deficiente anclaje en la zona del tronco con una angulación muy drástica, un enorme peso y una excentricidad tan acusada que hace que cualquiera de la otras dos soluciones no sea la adecuada para este elemento estructural, ya que si se



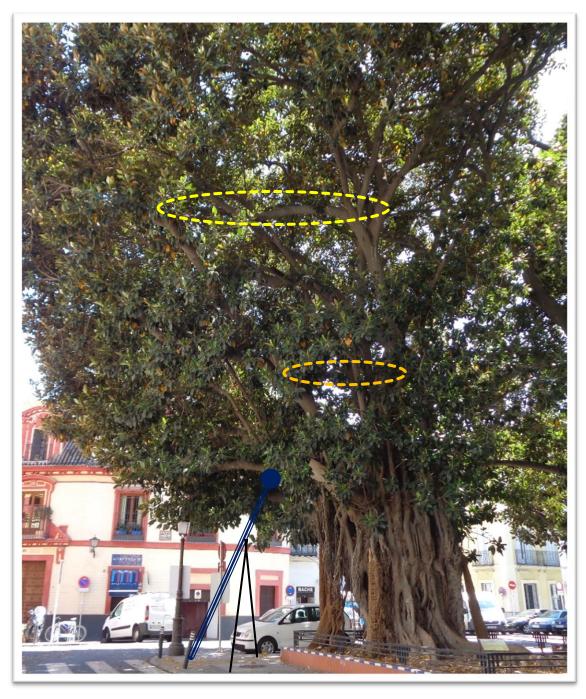


#### PLAZA CRISTO DE BURGOS

produjese la fractura del mismo existiría el riesgo de hacer colapsar a todo el árbol en el caso e estar sustentado parcialmente por otros ejes del mismo, lo que comúnmente se denomina como efecto dominó.

Para ello se debería instalar un apoyo terrestre a modo de puntal o muleta mediante una nueva técnica novedosa de apoyo con amortiguación *DISART®*. De esta manera proporcionaríamos el apoyo y ayuda precisa al eje principal pero sin inmovilizarle con el fin de que siga notando los estímulos necesarios para continuar creando madera de compensación y corregir los defectos que manifiesta sin necesidad de implicar otras partes del árbol.

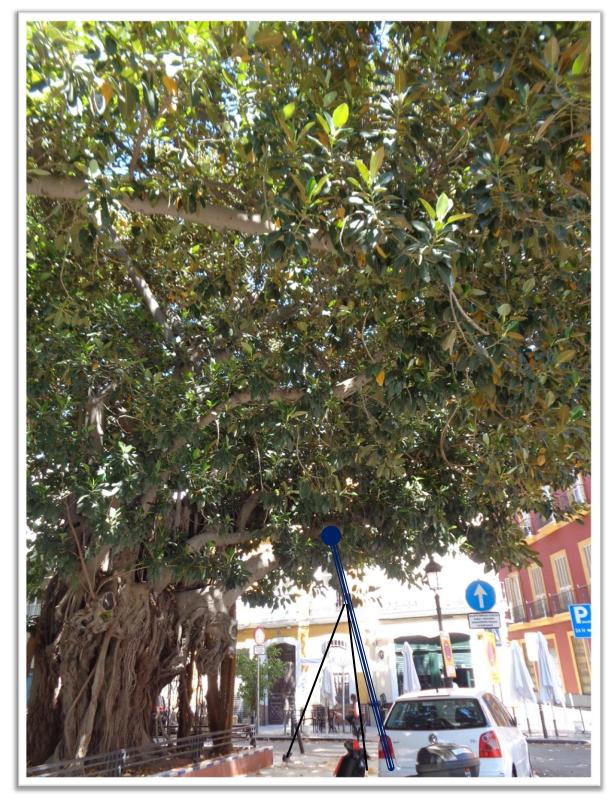
Para dimensionar esta estructura artificial es necesario realizar análisis más exhaustivo y preciso de cargas y efectuar un diseño de la geometría de la instalación.







Esquema de instalación del apoyo terrestre DISART® y los dos niveles de sustentación aérea



Vista lateral de la estructura que sustentaría el eje Sur.







Perspectiva del DISART® desde la cara Este







Ubicación de las zapatas del DISART®



Punto aproximado del acople con cuna DISART®

# 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos es casi imposible debido a la estructura tan caótica en zonas altas principalmente, y de tan





complicado reconocimiento. En cualquier caso y viendo las opciones que se han tenido en cuenta, se realiza la siguiente valoración económica para cada caso.

1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.

La siguiente propuesta incluye:

- Dos arbolistas especialistas en instalación de sustentaciones aéreas.
- Un ayudante de tierra.
- Material de sustentación ejes principales.
- Material de sustentación ejes secundarios.
- Plataforma elevadora PEMP.

Se realizarán técnicas de trepa allí donde no sea posible el acceso mediante la maquinaria elevadora.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado estaría en una horquilla entre 2.300€ y 2.800 € + IVA.

2. Dimensionamiento económico de las sustentaciones terrestres tipo DISART®.

La siguiente propuesta incluye:

- Dispositivo *DISART®* según medidas estimadas.
- El personal y la maquinaria que se precisen para la instalación del dispositivo.
- Cálculos técnicos previos para el dimensionamiento ingenieril tanto del dispositivo como de las zapatas donde se instalará.
- Mediciones topográficas para la exacta colocación del dispositivo.
- Realización de las tres zapatas necesarias.
- Supervisión del proyecto por parte de los ingenieros del proyecto.
- Visado de obra del Colegio de ingenieros.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado estaría en una horquilla entre 5.300€ y 5.800€ + IVA.

A continuación se muestran las medidas y dimensiones en las que se ha basado el cálculo del calibre del *DISART®*.

A > 100 (mm/ancho) x 100 (mm/largo) x 6 (mm/grosor). Capacidad de carga 5 Toneladas.

ID	LONGITUD EJE M	PERÍMETRO EJE M	VOLÚMEN EJE M³	PESO APROX. KG	CARGA AÑDIDA 20%	TOTAL PESO	ZAPATA/TRONCO M	BASE/UNIÓN M	CALIBRE DISART
1	13	2.2	3.75	2.500	500	3.000	6,6	6,3	Α
2	17	1.2	5	2.800	560	3.360	7,3	6,5	А
23	12	2.4	4,5	2.700	540	3.240	9	7,8	А
24	17	2.2	5	3.200	640	3.840	8	6,1	A
8	19	2.3	6	4.000	800	4.800	8,5	8,4	А
13	13	1.2	2.5	1.700	340	2.040	7	6	А
37	14	1.6	2.1	1.400	280	1.680	9	7,6	А

#### 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las





zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de *Ficus microcarpa* nos regalan... Es por ello que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.







# Ficus macrophylla ID\_2





# ÍNDICE

1.	HIS	TÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	41
1.	.1	ACTUACIONES REALIZADAS	41
1.	2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	42
1.	.3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	43
2.	EVA	ALUACIONES	44
2	.1	ESTADO FISOLÓGICO	44
2	.2	ESTADO BIOMECÁNICO	45
2	.3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	47
3.	DIA	GNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	47
3	.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	47
3	.2	Problemas añadidos en su entorno	48
4.	Eva	luación de riesgo según categorización del método I.S.A	49
4	.1	Evaluación de la Diana	49
4	.2	Evaluación de los factores del lugar	49
4	.3	Salud de árbol y perfil de la especie	49
4	.4	Factores de carga	50
4	.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	50
C	OPA	Y RAMAS	50
Т	RON	CO	55
C	UELI	LO y RAÍCES	56
4	.6	Categorización del Riesgo	57
5.	CON	NCLUSIONES	57
6.	PRO	DPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	58
7.	PRO	DPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	59
8.	PRO	DPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	59
8	.1	Descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estru 60	ctura
8	.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCT 68	URAL
9.	CON	MENTARIO FINAL	69





# 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

#### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar dominante de gran dimensión, estructurado, desequilibrado en su copa y que ocupa levemente la zona de desarrollo aéreo del ejemplar ID\_1 adyacente, el cual presenta parte de su copa invadiendo su espacio y obligándole a desarrollarse en la vertiente SE/NE de la plaza. En lo que respecta a su mantenimiento decir que su gestión se ha basado principalmente en continuas podas de reducción de ejes secundarios excéntricos de un calibre significativo con el fin de evitar peso en las zonas distales y evitar momentos de palanca que pudiesen acabar con la fractura de los mismos. Observamos heridas con madera vista de ejes fracturados con anterioridad y que muy probablemente se deban a roturas de tipología SBD. Existen evidencias de rotura de un eje secundario de gran calibre en la cara Sur, lo que provocó un arrastre de ramaje cercano y fracturas de parte de la copa generada por el árbol en esa cara, dejando al descubierto partes de la misma y con la consecuente insolación y quemaduras graves de las zonas expuestas.



Vista general del ejemplar ID\_2.

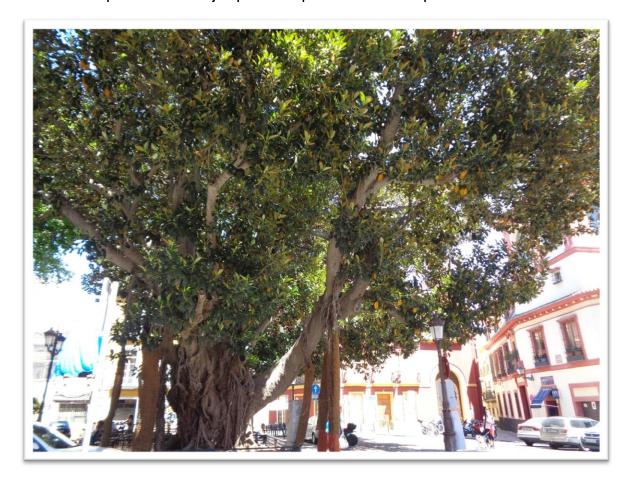




#### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Todos los ejemplares de esta especie fueron plantados hacia el 1925 y ubicados en las cuatro esquinas de la plaza, por lo que se estima en más de la centena los años de vida de estos imponentes seres vivos.

Durante el año 2020 se produjeron una serie de obras en la parte Sur de la plaza a fin de mejorar el pavimentado de acera y la mejora en las canalizaciones de suministros de la ciudad. Es posible que, como consecuencia de las mismas, haya habido algún tipo de sufrimiento radicular, compactación y cortes de algunas raíces. A simple vista resulta insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol tan majestuoso, siendo un hecho común para todos los ejemplares inspeccionados en el presente informe.



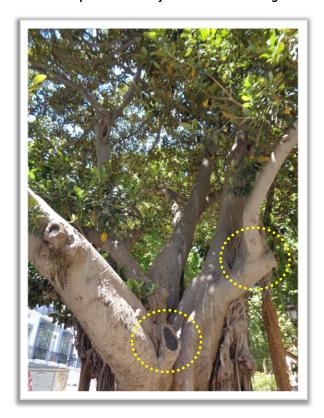
Vista de la cara Sur del ejemplar ID\_2





#### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

Se observan heridas con madera vista en varios puntos como consecuencia de la fractura tipo SBD en eje secundario de gran calibre en a cara Sur.



Ejes secundarios de la cara Sur fracturados por SBD.



Detalle dl calibre de la rama fracturada del eje Sur.





## 2. EVALUACIONES

#### 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor tanto en la parte apical como en el interior del ejemplar. Solamente se observan algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones. Buena creación de madera de compensación/reacción.

La densidad foliar de la copa es bastante profusa y en el momento de la inspección se producían caídas puntuales de hojas provocado, casi con toda seguridad, por la falta de humedad y riegos.



Adecuados crecimientos apicales. Buen tamaño y coloración foliar



Detalle de patología foliar muy puntual







Densidad interior con abundantes brotaciones y vista de alguna decoloración foliar puntual

#### 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura peculiar y anárquica a partes iguales en la que se observa importantes defectos significativos a nivel de ejes principales y secundarios. Parte de esta peculiaridad reside en el mal llamado tronco del árbol ya que no es más que el punto de confluencia de todos los ejes primarios casi fundidos pero que no presentan un correcto entrelazado interior de fibras suficiente como para dotar de estabilidad ese punto crítico. En algunos casos se observa anastomosis tanto en troncos principales como en ramas secundarias. A nivel de copa existe una gran horizontalidad en algunas ramas, altos brazos de palanca y deficiente unión entre ellas.

Tras la fractura ocasionada en el eje de la cara Sur se ha producido un hueco en la bóveda foliar de la cara de mayor insolación lo que ha tenido consecuencias graves en ejes secundarios de medio calibre que han quedado expuestos a las radiaciones directas en las zonas de tensión. Por consiguiente, existe un riesgo potencial muy alto frente a fractura de los mismos.



Hueco abierto en la bóveda foliar tras la fractura del eje







"Detalle de la zona del tronco" y ejes con anastomosis

Además, la mayoría de las uniones y horquillas muestran cortezas incluidas, deficientes uniones, algunas con leves fisuras y pequeñas exudaciones. En general, su estructura es potencialmente inestable ya no sólo en condiciones climáticas adversas sino en cualquier momento dado su gran volumen y peso de todo el conjunto. Su centro de masa se encuentra desplazado debido a su desequilibrio y dominación leve por parte del ejemplar adyacente.





Exudaciones y corteza incluida y deficiente unión de ejes secundarios





### 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

Se aprecia presencia de cuerpos fructíferos del hongo saprófito *Schizophillum comune* con actividad fúngica activa. No se detecta sintomatología externa de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia casi testimonial de pulgón.

# 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

Existen leves quemaduras solares provocadas por el acortamiento de los ejes secundarios y la apertura de claros en la bóveda foliar que, posteriormente, derivarán en asuramientos. Este leve defecto no afecta actualmente a la probabilidad de fallo de alguna de sus ramas, pero se deberá evaluar en el futuro para comprobar su evolución.



Schizophyllum comune en eje insolado

Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de compensación.



Cavidad con una adecuada compartimentación de barrera 4





- Se trata de un árbol adulto y se encontraría en Fase 6 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando y sustituyendo a partes iguales. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.
- Esta especie tiene la capacidad de aferrarse en esta etapa de desarrollo durante gran cantidad de años.
- Presenta las características zonas de inclusión de madera y anastomosis de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.

#### 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada, en una plaza con orientación Sur y una elevada exposición lumínica. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducido parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por una valla perimetral de escasa altura y que provoca daños en las partes de las raíces más cercanas a ella.
- Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque.



Situación del árbol con vientos predominantes





# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO I.S.A

#### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito de vehículos y personas en la zona Sur y Oeste, además existe la ocupación de una terraza de bar en la cara Sur y aparcamiento de vehículos. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas centrales del día. En la proximidad se encuentran zona de juegos infantiles.





Detalle de la dianas Oeste y Sur

#### 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar, hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación elevada. Los vientos predominantes son de sentido SW, aunque se pueden dar corrientes de túnel W/E por la disposición de las calles Zúñiga y Dormitorio. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes laterales de cualquier tamaño.

## 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje tanto interior como exterior, poca presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual y hongo saprofito en ejes insolados.





Existen raíces aéreas en periodo de desarrollo y otras que presentan algunos cortes y golpes en las zonas del suelo. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

#### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de medio tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona interior y exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición se encuentra protegida por el ejemplar adyacente y los edificios cercanos tanto de manera lateral como en altura. La orografía de esta zona de la plaza hace posible la aparición de vientos encajonados de efecto túnel W-E. Existe la previsión de modificar la estructura del árbol cercano mediante una reducción de copa y la del propio ejemplar debido a los problemas de asolanamiento de ejes secundarios expuestos, dato a tener en cuenta en la propuesta de mantenimiento de este ejemplar.

# 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

#### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa ligeramente desequilibrada en la que se observa escasa presencia de ramaje seco. Las uniones e inserciones de ejes entre son aceptables según la tipología de la especie, aunque presentan puntos débiles cuando esta unión se materializa de manera horizontal en ejes de medio y gran calibre donde se registran zonas de tensión acumulada. Presentan cortezas incluidas en varios puntos y rozamientos en casi la totalidad de ejes principales y secundarios de su anárquica copa, donde existe una especie de "sálvese quien pueda" a la hora de colonizar espacios lumínicos.

Uno de los ejes principales, el orientado hacia el Sur-Oeste, presenta un alto brazo de palanca, excentricidad muy acusada y cierto abandono de la estructura general por lo que se estudiará una solución específica para mitigar el riesgo de fractura que manifiesta. Las ramas que quedaron expuestas tras la fractura del eje secundario presentan quemaduras graves en casi el 50% de su perímetro, lo que las hace potencialmente propensas a fracturas. En estos puntos se observan zonas de gritas longitudinales, madrea vista y hongo saprófito *Schizophyllum comune*.

El historial de poda se ha basado en actuaciones de reducción de ejes excéntricos con sobrepeso y potencial riesgo de fractura que, en algunos casos, sospechamos que han podido ser algo exageradas, principalmente en la vertiente Este, cercana a los edificios de la Plaza. Debido a la especia que es, existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna. La respuesta tras el accidente estructural está siendo óptima al emitir reiteraciones vigorosas en gran parte del interior de la copa.

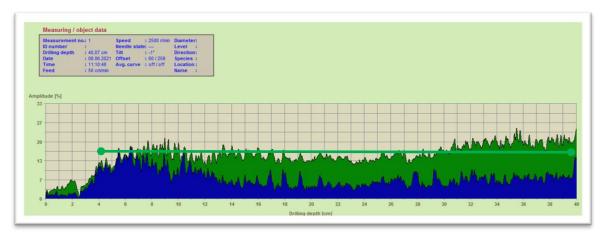
Existen cavidades y degradación de la madera en un punto medio de un eje principal al que se sometió a una prueba con resistógrafo y que reflejó gran cantidad de madera residual en óptimas condiciones.







Punto de testificación a 10 m orientación Oeste y sobre madera viva por debajo del defecto



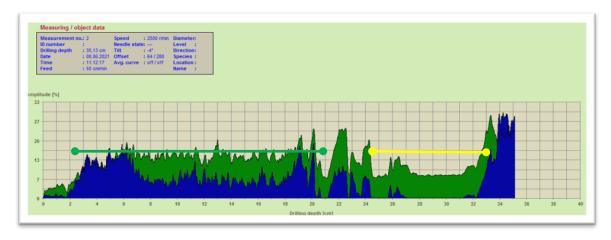
Resistograma donde se observa una buena calidad de la madera por debajo del defecto encontrado







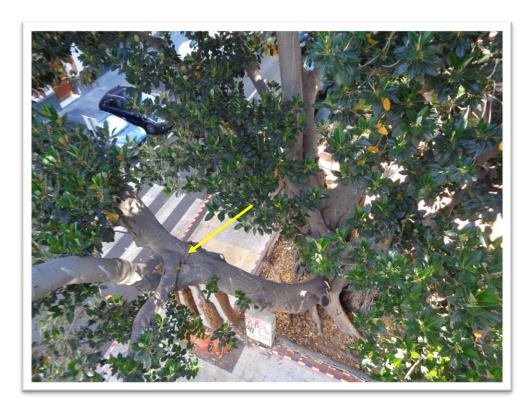
Detalle de la segunda testificación en el mismo eje orientación E sobre madera viva y junto a cavidad



Resistograma que refleja buena calidad de la madera, cavidad en la parte de % terminando con una fuerte barrera de compartimentación y madera en buenas condiciones







Deficientes uniones de secundarias





Ejes insolados, quemadoras perimetrales y presencia de Schizophyllum comune







Cortez incluida en ejes secundarios de medio calibre



Eje testificado. Cavidad y degradación leve de la madera interior





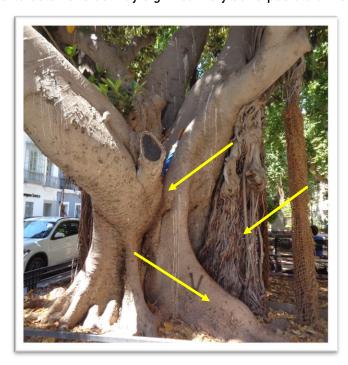


Deficiente anclaje de ejes secundarios en eje 1 Suroeste a 4 metros de altura

#### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales y un notable grupo de raíces aéreas proporcionando una gran estabilidad y en la que existen zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar. No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas. Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie.

La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma.



Tronco formado por una amalgama de ejes principales raíces acostilladas y raíces aéreas





### **CUELLO Y RAÍCES**

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Ocupan prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces. Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo. Durante la inspección no se han detectado defectos destacables.



Tipología de raíces acostilladas



Emisión de raíces aéreas y entutorado





#### 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO ALTO.

						Categoriz	ació	n de	l rie	sgo													
			a parte	caída	iana			Fa	llo			Impa			Fall	o e I		cto	Cor	isec	uen	cias	ción del o
Defecto	Parte del árbol	Consideraciones de preocupación	Tamaño de la parte	Distancia de a diana	Número de Diana	Protección de diana	Improbable	Posibie	Probable	Inminente	Muy bajo	Bajo	Medio	Aito	Improbable	Algo probable	Probable	Muy Probable	Insignificante	Menor	Significativa	Severo	Categorización del riesgo (Mantz 2.)
		longitud.	35 cm	10m	1	No			x					x			x				x		Alto
1			35 cm	10m	2	No			x					x				x			x		Alto
•			35 cm	10m	2	No			x				x			x					x		Moderado
			35 cm	10m	3	No			x					x			X			X			Moderado
2		Exposición directa a la Diana 1, gran diámetro de tronco, presentas ciertos signos de movimientos a compresión.	90 cm	6m	1	No			х					x			X					x	Alto
_	LJES I																						
2																							
3							-								_								
4																							

### 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros, y complementándose con técnicas de trepa allí donde por limitaciones de espacio no era posible acercarse de otro modo, se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de gran dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana tanto de personas como de vehículos.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento no es muy grande al encontrase protegido tanto lateralmente como en altura por los edificios cercanos y el árbol adyacente.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 y ejes 2 y 3 debido a cortezas incluidas, horizontalidad, excentricidad y tensiones acumuladas. Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Presenta ejes secundarios de media dimensión en cara Sur con alta palanca, excentricidad, sobrepeso, quemadura solares por insolación directa, grietas longitudinales en la madera vista y presencia de Schizophyllum comune.
- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.





- Buena generación de madera de compensación/reacción en zonas cercanas a cavidades encontradas y testificadas.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.
- Falta de mantenimiento y estimulación de las raíces aéreas que ya se están emitiendo.
- Existe un eje principal excéntrico orientado hacia el Suroeste que convendría ser tratado de manera individual mediante apoyo terrestre.

Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

# 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- De manera lo más inmediata posible convendría una reducción de los ejes con quemaduras solares y proceder a su vendaje con tejido de fibra de coco.
- 2. Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- Aporte hídrico necesario que se aumentaría según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 4. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.
- 6. Se debería consolidar el proceso, ya comenzado, referente a las raíces aéreas y estimular la creación de las mismas en otros puntos, así como mejorar su hidratación. Estos árboles necesitan vivamente estos puntales naturales para estabilizar su estructura que tan rápido crece. Se utilizará fibra de coco y tutores para apuntalar dichas raíces y se regarán una vez por semana hasta que penetren en el suelo y se consiga su afianzamiento.
- Se realizarán podas leves de reducción en puntos concretos de no más de 2 metros de longitud. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa, aprovechando tirasavias epítonos y respetando la regla del 1/3 entre la rama principal y el brote seleccionado.
- Para evitar la fractura y caída de las ramas y ejes al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 9. Instalación de apoyo terrestre tipo DISART® en el eje Suroeste. (Ver punto 8.1).
- Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.





# 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:

- Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- Realizar podas periódicas basadas en una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5/2 m) para seguir conservando una forma determinada a salvo de excentricidades y crecimientos indeseados. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 4. Estimular de desarrollo de raíces aéreas y consolidar las ya existentes.
- 5. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.

# 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una *S.A.* no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.

Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una *S.A.* es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una *S.A.* se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse





progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.

Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.

Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

# 8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a tres niveles:

1. Estabilización a nivel de ejes principales (1).

Aproximadamente a unos 9 metros de altura se trataría de consolidar la estructura principal mediante la unión de los ejes principales en los puntos más adecuados según cada uno de ellos, pero evitando diferencias de altura entre ejes en este primer piso de unión si fuese posible. De esta manera afianzaríamos por un lado la estructura principal implicando a todos los ejes a realizar esfuerzos solidarios y más o menos uniformes, y por otro, elevaríamos el centro de masa, acortando de esta manera el momento palanca de los ejes secundarios, lo que también descargaría de tensión acumulada la zona del cuello/raíces.

2. Estabilización de ejes secundarios (2).

Una vez afianzado el primer piso, se procede a realizar la instalación de sustentaciones de la parte más alta mediante la utilización técnicas mixtas de cableados dinámicos y semiestáticos, es lo que se conoce como "punta y stop", es decir, un cable de sustentación se colocaría en la punta para evitar sobrecargas y movimientos indeseados a la vez que sujetaría a la zona terminal de la rama en caso de fractura; y otro cable se instalaría en la base de la rama sustentada casi con la única finalidad de intentar evitar que esta cayese al suelo en caso de fractura. Los puntos de aplicación de estas sustentaciones deben ser verificados en el mismo momento de la colocación.

3. Estabilización del eje principal excéntrico de la cara Suroeste con metodología tipo *DISART®*.

Este eje 1 SW presenta un abandono de la zona central de la estructura principal como demuestra el claro en la bóveda de la copa situada en la esa cara. Se observa una eje con creación de un gran cordón de madera de reacción con un enorme peso, alto brazo de palanca y una excentricidad tan acusada que hace que cualquiera de la otras dos soluciones no sea la adecuada para este elemento estructural, ya que si se produjese la fractura del





mismo existiría el riesgo de hacer colapsar a todo el árbol en el caso e estar sustentado parcialmente por otros ejes del mismo árbol, lo que comúnmente se denomina como efecto dominó.

Para ello se debería instalar un apoyo terrestre a modo de puntal o muleta mediante una nueva técnica novedosa de apoyo con amortiguación tipo *DISART®*. De esta manera proporcionaríamos el apoyo y ayuda precisa al eje principal pero sin inmovilizarle con el fin de que siga notando los estímulos necesarios para continuar creando madera de compensación y corregir los defectos que manifiesta sin necesidad de implicar otras partes del árbol. A largo plazo, y cuando se consoliden las raíces aéreas que presenta dicho eje, se podría optar por la retirada de esta ayuda artificial si se cree conveniente.

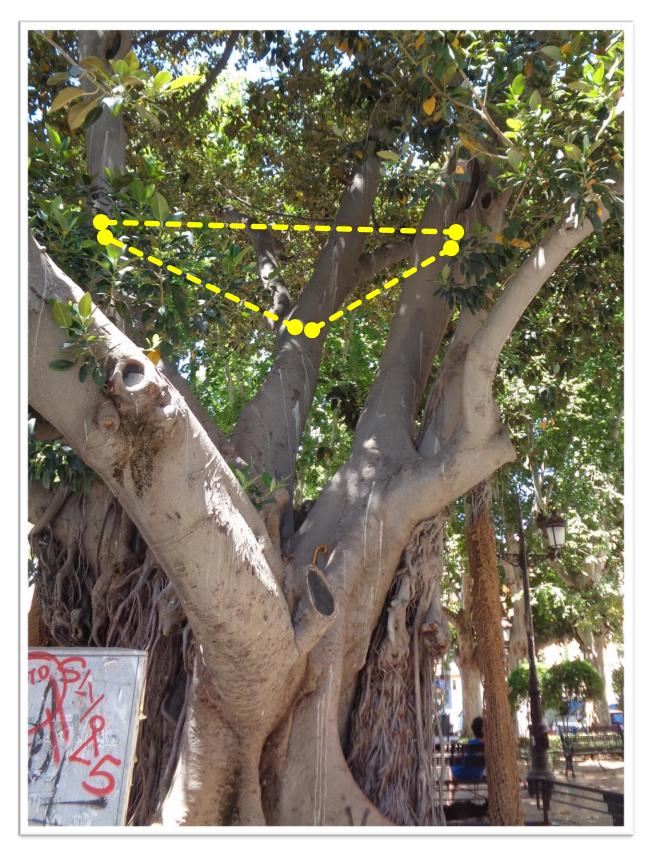
Para dimensionar esta estructura artificial es necesario realizar análisis de cargas y efectuar un diseño de la geometría de la instalación mucho más concienzudo y preciso.



Esquema de la instalación de las sustentaciones de ejes 1 (primer piso) vista desde lado Oeste







Perspectiva ampliada del esquema del primer piso de sustentaciones visto desde el lado Sur







Segundo piso de anclajes de ejes secundarios



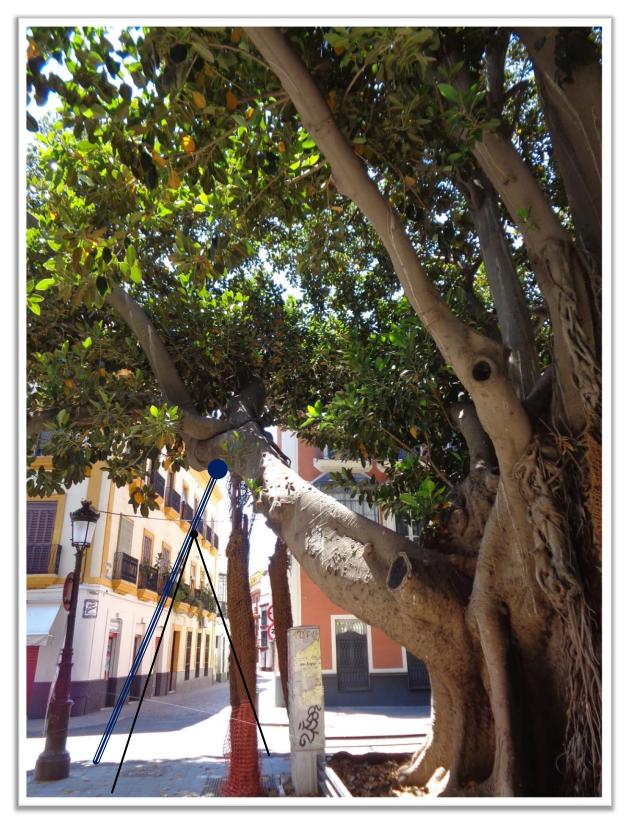




Esquema de los dos pisos de sustentaciones







Esquema del apoyo terrestre DISART® recomendado para el eje 1 Suroeste



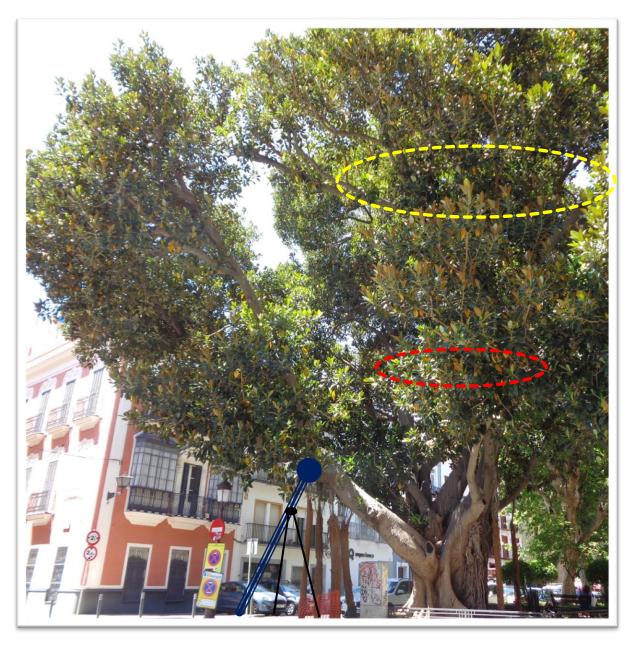




Esquema de la instalación del apoyo DISART® visto desde cara Oeste







Esquema general aproximado de las instalaciones aéreas y terrestre DISART®







Zona de las zapatas

Punto de unión con apoyo DISART®

### 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos es casi imposible debido a la estructura tan caótica en zonas altas principalmente, y de tan complicado reconocimiento. En cualquier caso y viendo las opciones que se han tenido en cuenta, se realiza la siguiente valoración económica para cada caso.

1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.

La siguiente propuesta incluye:

- Dos arbolistas especialistas en instalación de sustentaciones aéreas.
- Un ayudante de tierra.
- Material de sustentación ejes principales.
- Material de sustentación ejes secundarios.
- Plataforma elevadora PEMP.

Se realizaran técnicas de trepa allí donde no sea posible el acceso mediante la maquinaria elevadora.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado estaría en una horquilla entre 2.200 y 2.500€ + IVA.

2. Dimensionamiento económico de las sustentaciones terrestres DISART®.





La siguiente propuesta incluye:

- Dispositivo DISART® según medidas estimadas.
- El personal y la maquinaria que se precisen para la instalación del dispositivo.
- Cálculos técnicos previos para el dimensionamiento ingenieril tanto del dispositivo como de las zapatas donde se instalará.
- Mediciones topográficas para la exacta colocación del dispositivo.
- Realización de las tres zapatas necesarias.
- Supervisión del proyecto por parte de los ingenieros del proyecto.
- Visado de obra del Colegio de ingenieros.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el precio estimado estaría en una horquilla entre 5.300 y 5.800€ + IVA.

A continuación se muestran las medidas y dimensiones en las que se ha basado el cálculo del calibre del *DISART®*.

A \_\_\_\_\_\_\_ 100 (mm/ancho) x 100 (mm/largo) x 6 (mm/grosor) Capacidad carga 5 Toneladas.

ID	LONGITUD EJE M	PERÍMETRO EJE M	VOLÚMEN EJE M³	PESO APROX. KG	CARGA AÑDIDA 20%	TOTAL PESO	ZAPATA/TRONCO M	BASE/UNIÓN M	CALIBRE DISART
1	13	2.2	3.75	2.500	500	3.000	6,6	6,3	А
2	17	1.2	5	2.800	560	3.360	7,3	6,5	Α
23	12	2.4	4,5	2.700	540	3.240	9	7,8	А
24	17	2.2	5	3.200	640	3.840	8	6,1	Α
8	19	2.3	6	4.000	800	4.800	8,5	8,4	Α
13	13	1.2	2.5	1.700	340	2.040	7	6	А
37	14	1.6	2.1	1.400	280	1.680	9	7,6	А

## 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de Ficus *microcarpa* nos regalan... Es por ello que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.







## Ficus macrophylla ID\_23





### ÍNDICE

1. I	HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	7
1.1	ACTUACIONES REALIZADAS	7
1.2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	72
1.3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	72
2. E	EVALUACIONES	74
2.1	ESTADO FISOLÓGICO	74
2.2	ESTADO BIOMECÁNICO	75
2.3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	77
3. [	DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
3.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	77
3.2	Problemas añadidos en su entorno	79
4. E	Evaluación de riesgo según categorización del método I.S.A	80
4.1	Evaluación de la Diana	80
4.2	Evaluación de los factores del lugar	8
4.3	Salud de árbol y perfil de la especie	82
4.4	Factores de carga	82
4.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	82
CO	PA Y RAMAs	82
TR	DNCO	84
CU	ELLO y RAÍCES	85
4.6	Categorización del Riesgo	86
5. (	CONCLUSIONES	86
6. F	PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	8
7. F	PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	88
8. F	PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	88
8.1	descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estru 89	ıctura
8.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUC 99	ΓURΑΙ
9. (	COMENTARIO FINAL	100





#### 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

#### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar codominante de gran dimensión, estructurado, desequilibrado en su copa y que ocupa levemente la zona de desarrollo aéreo del ejemplar ID\_24 adyacente, el cual presenta parte de su copa invadiendo su espacio y obligándole a desarrollarse en la vertiente E/NE de la plaza. En lo que respecta a su mantenimiento decir que su gestión se ha basado principalmente en continuas podas de reducción de ejes secundarios excéntricos de un calibre significativo de la cara E y N con el fin de evitar peso en las zonas distales y evitar momentos de palanca que pudiesen acabar con la fractura de estos.

Observamos heridas con madera vista de ejes fracturados con anterioridad y que, muy probablemente, se deban a roturas de tipología SBD. Existen evidencias de rotura de ejes secundarios de medio calibre en la cara Oeste y Norte de este árbol y otras roturas del ejemplar cercano ID\_24, lo que provocó un arrastre de ramaje inferior y fracturas de parte de la copa generada por el árbol en el interior, hecho que ha ocasionado una readaptación de su estructura que recién ha comenzado con la emisión de reiteraciones en esta zona y en otros puntos de la copa para recuperar la superficie foliar perdida en esos eventos meteorológicos.



Vista general del ejemplar ID\_23

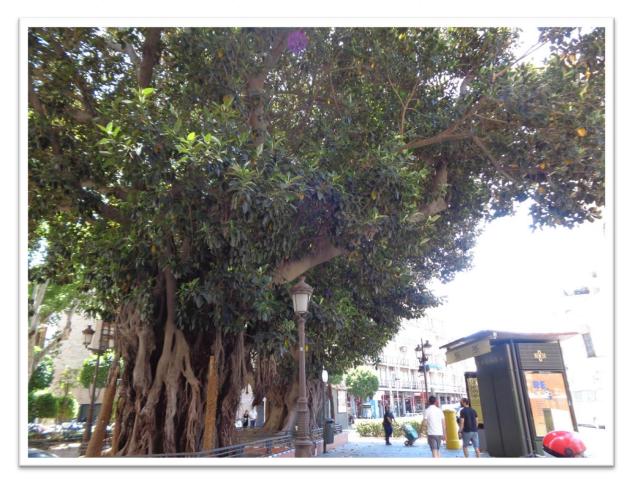




#### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Todos los ejemplares de esta especie fueron plantados hacia el 1925 y ubicados en las cuatro esquinas de la plaza, por lo que se estima en más de la centena los años de vida de estos imponentes seres vivos.

Durante el año 2020 se produjeron una serie de obras en la parte Sur de la plaza a fin de mejorar el pavimentado de acera y la mejora en las canalizaciones de suministros de la ciudad. Es posible que, como consecuencia de las mismas, haya habido algún tipo de sufrimiento radicular, compactación y cortes de algunas raíces. A simple vista resulta insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol tan majestuoso, siendo un hecho común para todos los ejemplares inspeccionados en el presente informe.



Vista de la cara Norte del ejemplar ID\_23

#### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

Se observan heridas con madera vista en varios puntos como consecuencia de la fractura tipo SBD en ejes secundarios de gran calibre en la zona interior del ejemplar.

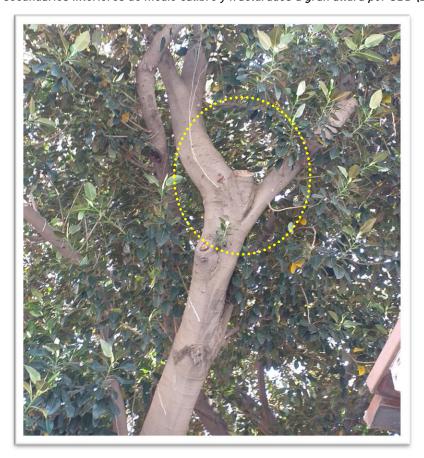








Ejes secundarios interiores de medio calibre y fracturados a gran altura por SBD (2011).



Detalle del calibre de la rama fracturada encima del quiosco de prensa ubicado en el lado Norte.





#### 2. EVALUACIONES

#### 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor tanto en la parte apical como en el interior del ejemplar. Solamente se observan algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones. Buena creación de madera de compensación/reacción, con buenos cordones en ejes principales.

La densidad foliar de la copa es bastante profusa y en el momento de la inspección se producían caídas puntuales de hojas provocado, casi con toda seguridad, por la falta de humedad y riegos.



Densidad interior con abundantes brotaciones y vista de alguna decoloración foliar puntual



Detalle de patología foliar muy puntual





#### 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura peculiar y anárquica a partes iguales en la que se observa importantes defectos significativos a nivel de ejes principales y secundarios. Parte de esta peculiaridad reside en el mal llamado tronco del árbol ya que no es más que el punto de confluencia de todos los ejes primarios casi fundidos pero que no presentan un correcto entrelazado interior de fibras suficiente como para dotar de estabilidad ese punto crítico. En algunos casos se observa anastomosis tanto en troncos principales como en ramas secundarias. A nivel de copa existe una gran horizontalidad en algunas ramas, altos brazos de palanca, zonas de evidente tensión acumulada sobre todo en la vertiente Este y Norte, fisuras en inserciones terciarias de ejes Este y deficiente unión entre algunos puntos de inserción de secundarias.

Tras la fractura ocasionada en el eje secundario de la cara Norte y en el interior de la copa, se está produciendo una readaptación y reestructuración paulatina del árbol, con numerosas y vigorosas reiteraciones ocupando la zona interna del ejemplar donde, debido al arrastre de ramas tras la caída de ejes secundarios, se produjo un hueco en la bóveda foliar. Existe un riesgo potencial muy alto frente a fractura de ejes secundarios horizontalizados localizados a una altura aproximada de 12 metros, sobre todo en la cara Este.



Hueco abierto en la bóveda foliar tras la fractura del eje







Detalle de la zona del tronco, ejes con anastomosis y raíces aéreas

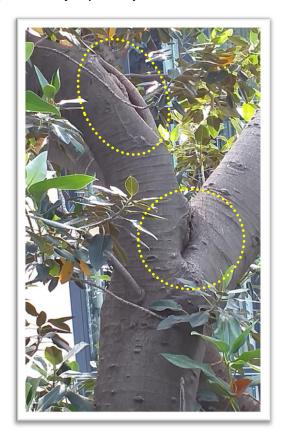


Uniones aceptables en ejes 2





Además, la mayoría de las uniones y horquillas de ejes 3 muestran cortezas incluidas, deficientes uniones, algunas con leves fisuras y pequeñas exudaciones. En general, su estructura es potencialmente inestable ya no sólo en condiciones climáticas adversas sino en cualquier momento dado su gran volumen y peso de todo el conjunto. Su centro de masa se encuentra desplazado debido a su desequilibrio, readaptación y competencia leve por parte del ejemplar adyacente.





Fisura, cavidad y deficiente unión de ejes secundarios

#### 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

No aprecia presencia de cuerpos fructíferos ni actividad fúngica activa. No se detecta sintomatología externa importante de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia casi testimonial de pulgón.

#### 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

Presenta reiteraciones vigorosas tras la reestructuración de parte de la copa eliminada por la fractura de ejes propios y del árbol cercano. Existen leves quemaduras solares provocadas por el acortamiento de los ejes secundarios aunque la incidencia directa del sol está siendo neutralizada por la respuesta de crecimiento de la bóveda exterior. Este leve defecto no afecta actualmente a la





probabilidad de fallo de alguna de sus ramas, pero se deberá evaluar en el futuro para comprobar su evolución.





Reiteraciones vigorosas y quemaduras en eje 3

- Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de compensación.
- Se observa fisura interna con torsión eje de medio calibre a unos 15 m de altura.



Fisura interna con torsión y deficiente unión de ejes 2





- Se trata de un árbol adulto y se encontraría en Fase 6 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando y sustituyendo a partes iguales. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.
- Esta especie tiene la capacidad de aferrarse en esta etapa de desarrollo durante gran cantidad de años.
- Presenta las características zonas de inclusión de madera y anastomosis de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.



Anastomosis entre ejes 1, secundarias y raíces aéreas

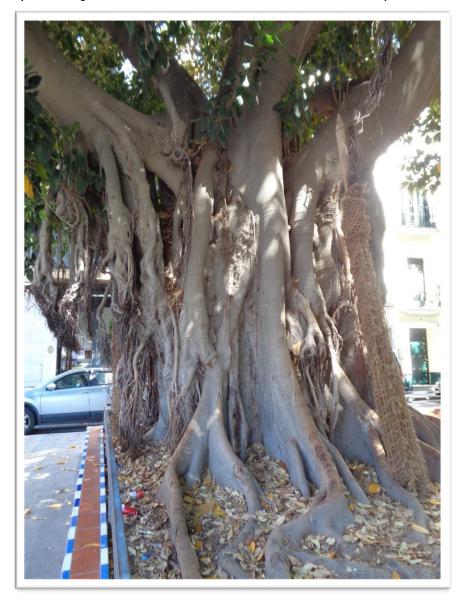
#### 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada, en una plaza con parte de orientación Norte y una elevada exposición lumínica. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducido parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por una valla perimetral de escasa altura y que provoca daños en las partes de las raíces más cercanas a ella.





 Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque.



Escaso espacio del parterre con incidencia de los bordillos y vallado en raíces

# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO I.S.A

#### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito de vehículos (semáforo en esquina NE) con zona de aparcamiento y trasiego d personas en la zona Norte y Este, además existe un kiosko en la misma acera de la cara N con lo que la ocupación es parmente en gran parte del día. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas centrales del día. En la proximidad se encuentran zona de juegos infantiles. Se considera una diana ALTA.







Detalle de la dianas Norte con ocupación de acera por el kiosko. Semáforo al fondo

#### 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar, hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación elevada. Los vientos predominantes son de sentido SW, aunque se pueden dar corrientes de túnel W/E por la disposición de las calles Zúñiga y Dormitorio. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes laterales de cualquier tamaño.



Situación del árbol con vientos predominantes





#### 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje tanto interior como exterior, poca presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual y hongo saprofito en ejes insolados. Existen raíces aéreas en periodo de desarrollo y otras que presentan algunos cortes y golpes en las zonas del suelo. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

#### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de medio tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona interior y exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición se encuentra semiprotegida por el ejemplar adyacente y el edificio cercano tanto de manera lateral como en altura, pero expuesto a corrientes laterales. La orografía de esta zona de la plaza hace posible la aparición de vientos encajonados de efecto túnel W-E y N. Existe la previsión de modificar la estructura del árbol cercano mediante una reducción de copa y la del propio ejemplar debido a los problemas de ejes secundarios muy horizontales y con tensión excesiva, dato a tener en cuenta en la propuesta de mantenimiento de este ejemplar.

## 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

#### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa ligeramente desequilibrada en la que se observa escasa presencia de ramaje seco. Las uniones e inserciones de ejes entre son aceptables según la tipología de la especie, aunque presentan puntos débiles cuando esta unión se materializa de manera horizontal en ejes de medio y gran calibre donde se registran zonas de tensión acumulada. Presentan cortezas incluidas en varios puntos y rozamientos en casi la totalidad de ejes principales y secundarios de su anárquica copa, donde existe una especie de "sálvese quien pueda" a la hora de colonizar espacios lumínicos.



Deficiente unión en ejes secundarios a unos 13 m de altura





Uno de los ejes principales orientado hacia el Norte, ubicado encima mismo del kiosko y parte del semáforo cercano y paso de peatones, presenta un alto brazo de palanca, excentricidad muy acusada y cierto abandono de la estructura general por lo que se estudiará una solución específica para mitigar el riesgo de fractura que manifiesta.

El historial de poda se ha basado en actuaciones de reducción de ejes excéntricos con sobrepeso y potencial riesgo de fractura de la cara E y N que, en algunos casos, sospechamos que han podido ser algo exageradas, principalmente en la vertiente Este, cercana a los edificios de la Plaza. Debido a la especie que es, existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna. La respuesta tras la fractura del eje del ejemplar ID\_24 está siendo óptima al emitir reiteraciones vigorosas en gran parte del interior de la copa. No se observan quemaduras solares por insolación directa salvo en dos puntos y con una respuesta positiva del ejemplar.



Uniones de ejes secundarios con tensiones en la unión





Corteza incluida en ejes 3 a gran altura. Asuramiento en proceso de compartimentación





Existen cavidades y degradación de la madera en un punto medio de un eje principal al que se sometió a una prueba con resistógrafo y que reflejó gran cantidad de madera residual en óptimas condiciones.



Cavidad en proceso óptimo de compartimentación de eje secundario de medio calibre

#### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales y un notable grupo de raíces aéreas proporcionando una gran estabilidad y en la que existen zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar. No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas. Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie.

La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma.



Tronco formado por una amalgama de ejes principales raíces acostilladas y raíces aéreas





#### **CUELLO Y RAÍCES**

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Ocupan prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces. Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo. Durante la inspección no se han detectado defectos destacables.



Tipología de raíces acostilladas



Emisión de raíces aéreas y entutorado





#### 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO ALTO

	Categorización del riesgo																						
		el Consideraciones de	Tamaño de la parte	Distancia de caída a diana Número de Diana	iana	Protección de diana	Fallo				Probabilidad Impacto				Fallo e Impacto				Consecuencias				ción del o
Defecto	Parte del árbol				Número de D		Improbable	Posible	Probable	Inminente	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Improbable	Algo probable	Probable	Muy Probable	Insignificante	Menor	Significativa	Severo	Categorización del riesgo (Manna 2.)
	horizonta	Presentan amas sobrexposición, izonta desadaptación, y exceso de peso y longitud.	45 cm	8m	1	No			x					x			x				x		Alto
1			45 cm	8m	2	No			x					x			x					x	Alto
	lizadas		30	13m	3	No			x					x			x					x	Alto
	Ejes 1	Algunos presentan corteza incluida y suelen fallar bajo condiciones climatológicas adversas.	45 cm	10m	3	No		x						x		x						x	Moderado
2			80	4m	2	No			x					x			x					x	Alto
3																							
															Г								
4																							

#### 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros, y complementándose con técnicas de trepa allí donde por limitaciones de espacio no era posible acercarse de otro modo, se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de gran dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana tanto de personas como de vehículos.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento no es muy grande al encontrase protegido tanto lateralmente como en altura por los edificios cercanos y el árbol adyacente.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 y ejes 2 y 3 debido a cortezas incluidas, horizontalidad, excentricidad, quemaduras leves y tensiones acumuladas.
- Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Presenta ejes secundarios de media dimensión en cara Este con alta palanca, excentricidad, sobrepeso, quemadura solares por insolación directa, grietas en algún punto de unión de ejes 3.
- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.





- Buena generación de madera de compensación/reacción en zonas de tensión de ejes 1 y otras donde emite barrera 4 de compartimentación de heridas.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.
- Falta de mantenimiento y estimulación de las raíces aéreas que ya se están emitiendo.
- Existe un eje principal excéntrico orientado hacia el Norte que convendría ser tratado de manera individual mediante apoyo terrestre tipo DISART®.

Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

#### 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- De manera lo más inmediata posible convendría una reducción de los ejes con laterales con sobrecarga del lado Este, especialmente el que muestra fisura interna en la unión de ejes 3 ubicado a unos 13 m de altura y sobre el semáforo de la calle.
- 2. Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- Aporte hídrico necesario que se aumentara según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 4. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- 5. Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.
- 6. Se debería consolidar el proceso, ya comenzado, referente a las raíces aéreas y estimular la creación de las mismas en otros puntos, así como mejorar su hidratación. Estos árboles necesitan vivamente estos puntales naturales para estabilizar su estructura que tan rápido crece. Se utilizará fibra de coco y tutores para apuntalar dichas raíces y se regarán una vez por semana hasta que penetren en el suelo y se consiga su afianzamiento.
- Se realizarán podas leves de reducción en puntos concretos de no más de 2 metros de longitud. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa, aprovechando tirasavias epítonos y respetando la regla del 1/3 entre la rama principal y el brote seleccionado.
- 8. Para evitar la fractura y caída de las ramas y ejes al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 9. Instalación de apoyo terrestre tipo *DISART®* en el eje Norte. (Ver punto 8.1).
- Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.





#### 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:

- Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- Realizar podas periódicas basadas en una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5/2 m) para seguir conservando una forma determinada a salvo de excentricidades y crecimientos indeseados. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 4. Realizar podas de selección de los reiterados del interior de la copa.
- 5. Estimular de desarrollo de raíces aéreas y consolidar las ya existentes.
- 6. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.

#### 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una S.A. no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.

Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una *S.A.* es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una *S.A.* se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse





progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.

Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.

Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

## 8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a tres niveles:

1. Estabilización estática a nivel de ejes principales (1).

Aproximadamente a unos 9 metros de altura se trataría de consolidar la estructura principal mediante la unión de los ejes principales en los puntos más adecuados según cada uno de ellos, pero evitando diferencias de altura entre ejes en este primer piso de unión si fuese posible. De esta manera afianzaríamos por un lado la estructura principal implicando a todos los ejes a realizar esfuerzos solidarios y más o menos uniformes, y por otro, elevaríamos el centro de masa, acortando de esta manera el momento palanca de los ejes secundarios, lo que también descargaría de tensión acumulada la zona del cuello/raíces.

2. Estabilización de ejes secundarios (2).

Una vez afianzado el primer piso, se procede a realizar la instalación de sustentaciones de la parte más alta mediante la utilización técnicas mixtas de cableados dinámicos y semiestáticos, es lo que se conoce como "punta y stop", es decir, un cable de sustentación se colocaría en la punta para evitar sobrecargas y movimientos indeseados a la vez que sujetaría a la zona terminal de la rama en caso de fractura; y otro cable se instalaría en la base de la rama sustentada casi con la única finalidad de intentar evitar que esta cayese al suelo en caso de fractura. Los puntos de aplicación de estas sustentaciones deben ser verificados en el mismo momento de la colocación.

3. Estabilización del eje principal excéntrico de la cara Suroeste con metodología tipo *DISART®*.

Este eje 1 N presenta un abandono de la zona central de la estructura principal. Se observa una eje con creación de un gran cordón de madera de reacción con un enorme peso, alto brazo de palanca y una excentricidad tan acusada que hace que cualquiera de la otras dos soluciones no sea la adecuada para este elemento estructural, ya que si se produjese la fractura del mismo existiría el riesgo de hacer colapsar a todo el árbol en el caso y estar





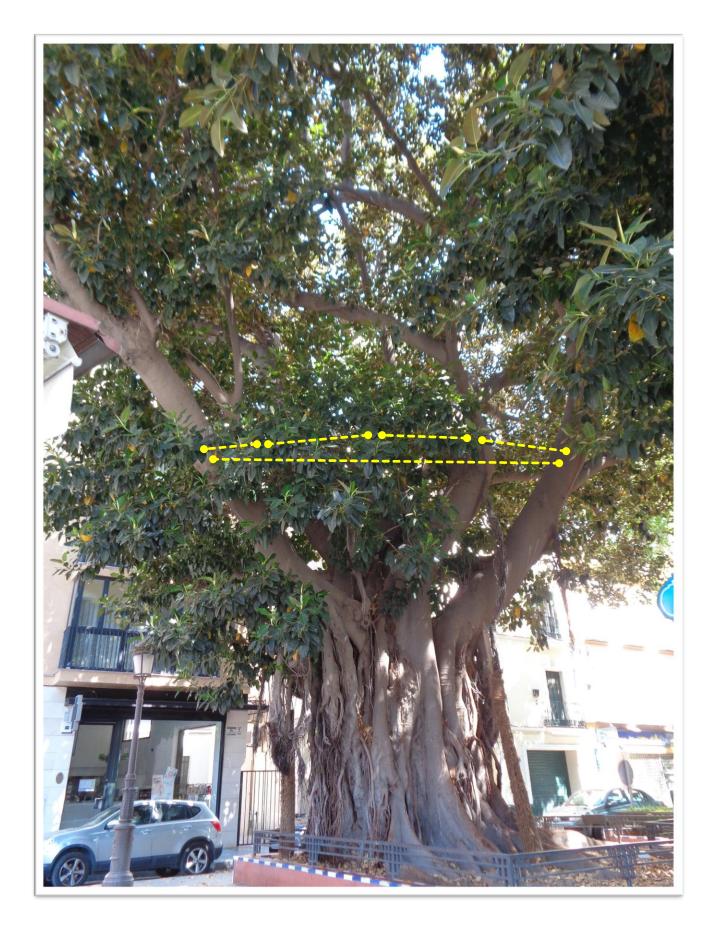
sustentado parcialmente por otros ejes del mismo árbol, lo que comúnmente se denomina como efecto dominó.

Para ello se debería instalar un apoyo terrestre a modo de puntal o muleta mediante una nueva técnica novedosa de apoyo con amortiguación tipo *DISART®*. De esta manera proporcionaríamos el apoyo y ayuda precisa al eje principal pero sin inmovilizarle con el fin de que siga notando los estímulos necesarios para continuar creando madera de compensación y corregir los defectos que manifiesta sin necesidad de implicar otras partes del árbol. A largo plazo, y cuando se consoliden las raíces aéreas que presenta dicho eje, se podría optar por la retirada de esta ayuda artificial si se cree conveniente.

Para dimensionar esta estructura artificial es necesario realizar análisis de cargas y efectuar un diseño de la geometría de la instalación mucho más concienzudo y preciso.



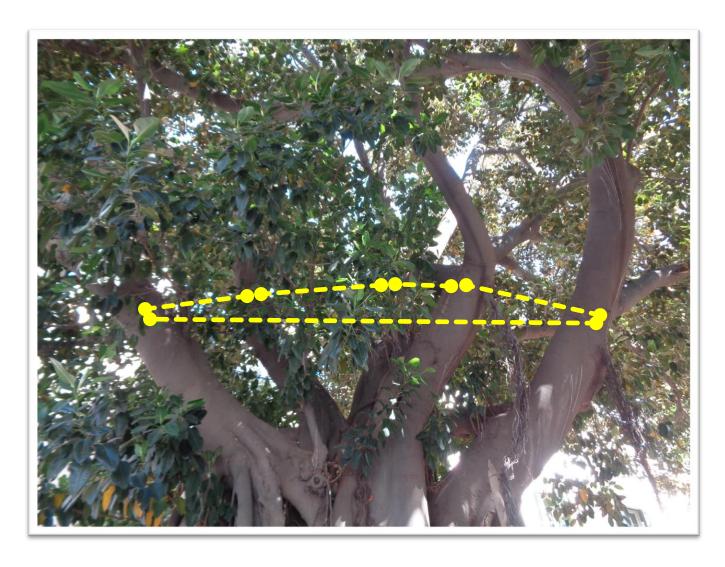




Esquema aproximado de los cinco ejes 1 sustentados a unos 6 m de altura







Esquema aproximado detallado del primer piso de sustentación estática





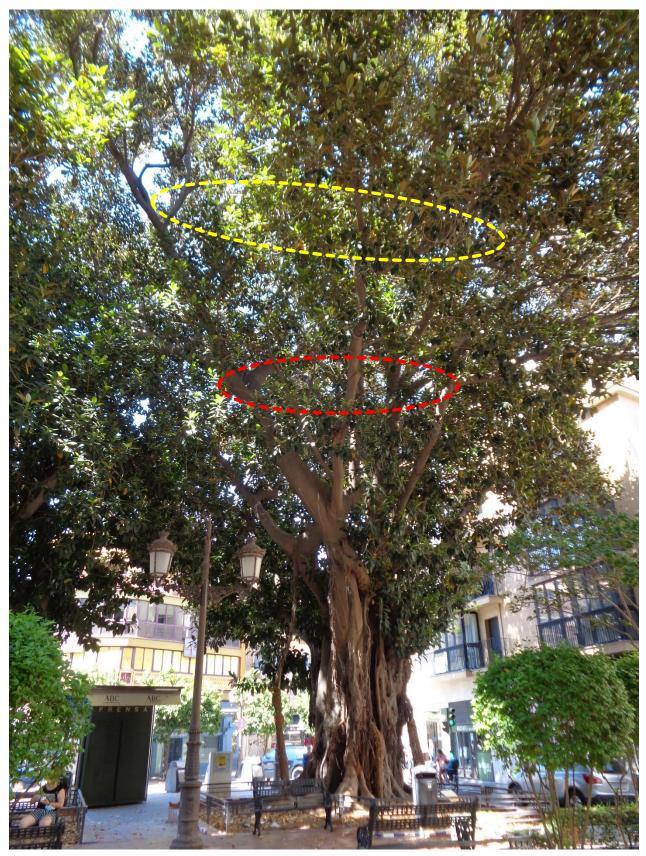


Esquema aproximado de la instalación de las sustentaciones dinámicas y estáticas de ejes 2 a 10 m de altura (segundo piso) mediante técnica de "punta-stop"

Vista desde lado Sur







Esquema aproximado de los dos pisos de sustentaciones aéreas







Esquema aproximado de la sustentación terrestre DISART® vista desde cara Este







Esquema aproximado DISART® vista desde cara Oeste.



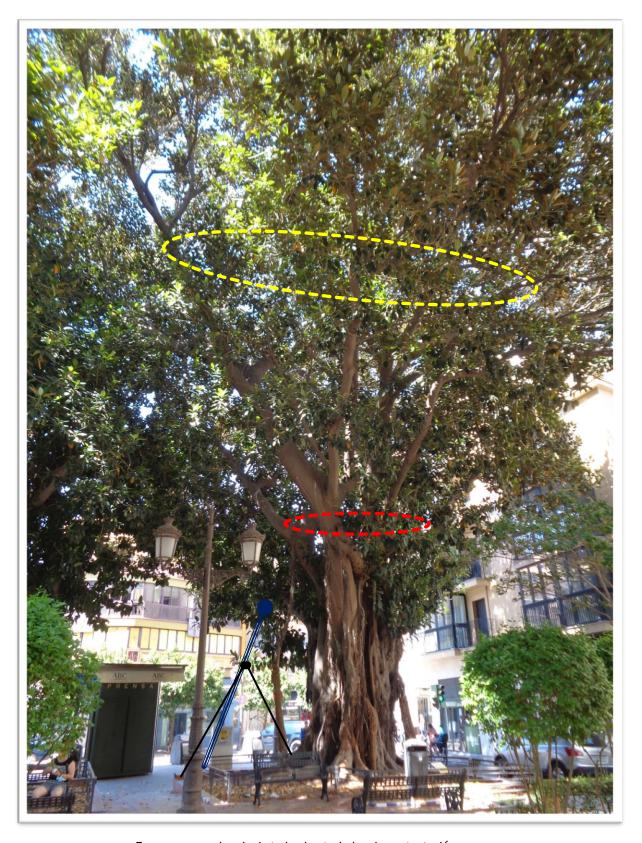




Esquema aproximado DISART visto desde el kiosko







Esquema aproximado de todos los trabajos de sustentación









Zona aproximada para las zapatas

Punto de unión con dispositivo

#### 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos es casi imposible debido a la estructura tan caótica en zonas altas principalmente, y de tan complicado reconocimiento. En cualquier caso y viendo las opciones que se han tenido en cuenta, se realiza la siguiente valoración económica para cada caso.

1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.

La siguiente propuesta incluye:

- Dos arbolistas especialistas en instalación de sustentaciones aéreas.
- Un ayudante de tierra.
- Material de sustentación ejes principales.
- Material de sustentación ejes secundarios.
- Plataforma elevadora PEMP.

Se realizarán técnicas de trepa allí donde no sea posible el acceso mediante la maquinaria elevadora.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado estaría en una horquilla entre 2.400 y 2.800€ + IVA.

2. Dimensionamiento económico de las sustentaciones terrestres DISART®





La siguiente propuesta incluye:

- Dispositivo DISART® según medidas estimadas.
- El personal y la maquinaria que se precisen para la instalación del dispositivo.
- Cálculos técnicos previos para el dimensionamiento ingenieril tanto del dispositivo como de las zapatas donde se instalará.
- Mediciones topográficas para la exacta colocación del dispositivo.
- Realización de las tres zapatas necesarias.
- Supervisión del proyecto por parte de los ingenieros del proyecto.
- Visado de obra del Colegio de ingenieros.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el precio estimado estaría en una horquilla entre 5.300 y 5.700€ + IVA.

A continuación se muestran las medidas y dimensiones en las que se ha basado el cálculo del calibre del *DISART®*.

A ==> 100 (mm/ancho) x100 (mm/largo) x 6 (mm/grosor). Capacidad de carga 5 Toneladas.

ID	LONGITUD EJE M	PERÍMETRO EJE M	VOLÚMEN EJE M³	PESO APROX. KG	CARGA AÑDIDA 20%	TOTAL PESO	ZAPATA/TRONCO M	BASE/UNIÓN M	CALIBRE DISART
1	13	2.2	3.75	2.500	500	3.000	6,6	6,3	А
2	17	1.2	5	2.800	560	3.360	7,3	6,5	А
23	12	2.4	4,5	2.700	540	3.240	9	7,8	А
24	17	2.2	5	3.200	640	3.840	8	6,1	А
8	19	2.3	6	4.000	800	4.800	8,5	8,4	А
13	13	1.2	2.5	1.700	340	2.040	7	6	А
37	14	1.6	2.1	1.400	280	1.680	9	7,6	А

#### 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de Ficus *microcarpa* nos regalan... Es por ello por lo que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.







## Ficus macrophylla ID\_24





### ÍNDICE

1.	HIS	TÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	102
1	.1	ACTUACIONES REALIZADAS	102
1	.2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	103
1	.3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	103
2.	EVA	ALUACIONES	105
2	2.1	ESTADO FISOLÓGICO	105
2	2.2	ESTADO BIOMECÁNICO	106
2	2.3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	110
3.	DIA	GNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	110
3	8.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	110
3	3.2	Problemas añadidos en su entorno	111
4.	Eva	lluación de riesgo según categorización del método I.S.A	112
4	i.1	Evaluación de la Diana	112
4	.2	Evaluación de los factores del lugar	114
4	i.3	Salud de árbol y perfil de la especie	115
7	.4	Factores de carga	115
4	.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	115
C	OPA	Y RAMAs	115
T	RON	CO	118
C	UEL	LO y RAÍCES	119
7	1.6	Categorización del Riesgo	120
5.	COI	NCLUSIONES	120
6.	PR	DPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	121
7.	PR	DPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	122
8.	PR	OPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	122
8	3.1	Descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estru 123	ıctura
8	3.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUC 129	TURAL
9.	COI	MENTARIO FINAL	130



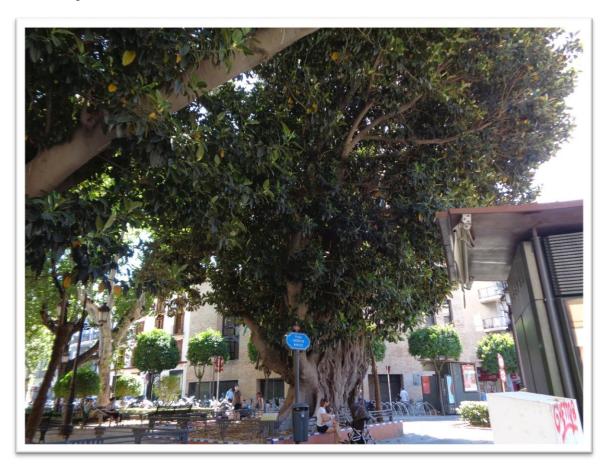


#### 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

#### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar codominante de gran dimensión, desestructurado, desequilibrado en su copa y que ocupa levemente la zona de desarrollo aéreo del ejemplar ID\_23 adyacente, el cual presenta parte de su copa invadiendo su espacio obligándole a desarrollarse en la vertiente W/NW de la plaza. En lo que respecta a su mantenimiento decir que su gestión se ha basado principalmente en continuas podas de reducción de ejes secundarios excéntricos de un calibre significativo de la cara W y N con el fin de evitar peso en las zonas distales y evitar momentos de palanca que pudiesen acabar con la fractura de los mismos.

Observamos heridas con madera vista de ejes de gran calibre fracturados con anterioridad y que, muy probablemente, se deban a roturas de tipología SBD. Existen evidencias de rotura de ejes secundarios de gran calibre en la cara interior de este árbol lo que provocó un arrastre de ramaje inferior y fracturas de parte de la copa generada por el árbol en el interior, hecho que ha ocasionado una readaptación de su estructura que recién ha comenzado con la emisión de reiteraciones en esta zona y en otros puntos de la copa para recuperar la superficie foliar perdida en esos eventos meteorológicos.



Vista general del ejemplar ID\_24





#### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Todos los ejemplares de esta especie fueron plantados hacia el 1925 y ubicados en las cuatro esquinas de la plaza, por lo que se estima en más de la centena los años de vida de estos imponentes seres vivos.

Durante el año 2020 se produjeron una serie de obras en la parte Sur de la plaza a fin de mejorar el pavimentado de acera y la mejora en las canalizaciones de suministros de la ciudad. Es posible que, como consecuencia de las mismas, haya habido algún tipo de sufrimiento radicular, compactación y cortes de algunas raíces. A simple vista resulta insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol tan majestuoso, siendo un hecho común para todos los ejemplares inspeccionados en el presente informe.



Vista de la cara Oeste del ejemplar ID\_24

#### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

Se observan heridas de gran dimensión como consecuencia de la fractura acaecida en el año 2011 de tipología SBD en eje secundario de gran calibre en la zona interior del ejemplar que provoco el arrastre de parte de la copa inferior del mismo ejemplar así como del árbol con el que comparte espacio interior. Presencia de madera vista en





varios puntos debido a los cortes realizados para retirar los tocones de la rama fracturada.



Ejes secundario interior de gran calibre fracturado por SBD 2011. Eje arrastrado





Desgarros de ramas por fractura SDB



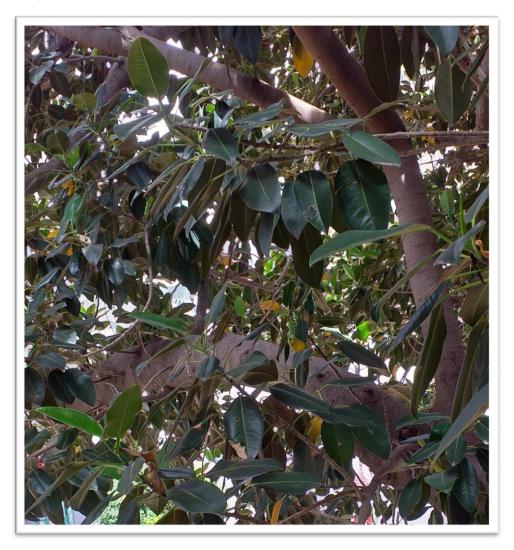


# 2. EVALUACIONES

### 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor tanto en la parte apical como en el interior del ejemplar. Solamente se observan algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones. Buena creación de madera de compensación/reacción, con buenos cordones en zonas de tensión de ejes principales.

La densidad foliar de la copa es bastante profusa y en el momento de la inspección se producían caídas puntuales de hojas provocado, casi con toda seguridad, por la falta de humedad y riegos.



Densidad interior con abundantes brotaciones y vista de alguna decoloración foliar puntual







Detalle de compartimentación de herida

### 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura peculiar y anárquica a partes iguales en la que se observa importantes defectos significativos a nivel de ejes principales y secundarios. Parte de esta peculiaridad reside en el mal llamado tronco del árbol ya que no es más que el punto de confluencia de todos los ejes primarios casi fundidos pero que no presentan un correcto entrelazado interior de fibras suficiente como para dotar de estabilidad ese punto crítico. En algunos casos se observa anastomosis tanto en troncos principales como en ramas secundarias. A nivel de copa existe una gran horizontalidad en algunas ramas, altos brazos de palanca, zonas de evidente tensión acumulada sobre todo en la vertiente Este y Norte, fisuras en inserciones terciarias de ejes Este y deficiente unión entre algunos puntos de inserción de secundarias.

Tras la fractura ocasionada en el eje secundario en el interior de la copa, se está produciendo una readaptación y reestructuración paulatina del árbol, con numerosas y vigorosas reiteraciones ocupando la zona interna del ejemplar donde, debido al arrastre de ramas tras la caída de ejes secundarios, se produjo un hueco en la bóveda foliar. Existe un riesgo potencial muy alto frente a fractura de ejes secundarios horizontalizados localizados a una altura aproximada de 17 metros, sobre todo en la cara Oeste.







Corteza incluida entre ejes secundarios



Corteza incluida en ejes 3







Deficientes uniones entre ejes 1



Corteza incluida entre ejes principales

Además, la mayoría de las uniones y horquillas de ejes 3 muestran cortezas incluidas, deficientes uniones, algunas con leves fisuras y pequeñas exudaciones. En general, su estructura es potencialmente inestable ya no sólo en condiciones climáticas adversas sino en cualquier momento dado su gran volumen y peso de todo el conjunto. Su centro de masa se encuentra desplazado hacia el Oeste y presenta readaptación ante esta situación y competencia leve por parte del ejemplar adyacente.







Rozamientos y deficiente unión de ejes secundarios



Corteza incluida en ejes secundarios





# 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

No aprecia presencia de cuerpos fructíferos ni actividad fúngica activa. No se detecta sintomatología externa importante de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia casi testimonial de pulgón.

# 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

- Presenta reiteraciones vigorosas tras la reestructuración de parte de la copa eliminada por la fractura de ejes propios y del árbol cercano. La estructura principal de la cara interna se ha desorganizado por la fractura de un eje de gran dimensión y el arrastre de parte de la copa que se hallaba debajo.
- Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de compensación.
- Se observa una angulación muy acusada en los ejes secundarios de la zona Oeste, a unos 15 m de altura, con excesiva horizontalidad y excentricidad de prácticamente todas las ramas de esa vertiente.





Anastomosis entre ejes 1 y 2. Angulación en ejes 3

- Se trata de un árbol adulto y se encontraría en Fase 6 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando y sustituyendo a partes iguales. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.
- Esta especie tiene la capacidad de aferrarse en esta etapa de desarrollo durante gran cantidad de años.





- Presenta las características zonas de inclusión de madera y anastomosis de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.



Buena respuesta de barrera 4

# 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada, en una plaza con parte de orientación Norte y una elevada exposición lumínica. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducido parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por una valla perimetral de escasa altura y que provoca daños en las partes de las raíces más cercanas a ella.
- Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque.







Escaso espacio del parterre con incidencia de los bordillos y vallado en raíces

# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO I.S.A

#### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito de vehículos (semáforo en esquina NE) con zona de aparcamiento y trasiego d personas en la zona Norte y Este, además existe un kiosko en la misma acera de la cara N con lo que la ocupación es parmente en gran parte del día. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas centrales del día. En la proximidad se encuentran zona de juegos infantiles. Es por ello que se considera ALTA su diana.







Detalle de la diana Norte con zona de juegos infantiles en la proyección de la copa



Zona estancial interior y paso de peatones con calzada de entrada a la plaza





# 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar, hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación elevada.



Situación del árbol con vientos predominantes

Los vientos predominantes son de sentido SW, aunque se pueden dar corrientes de túnel W/E por la disposición de las calles Imagen y Almirante Apodaca. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes laterales de cualquier tamaño.



Escaso espacio para desarrollo radicular





### 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje tanto interior como exterior, poca presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual y hongo saprofito en ejes insolados. Existen raíces aéreas en periodo de desarrollo y otras que presentan algunos cortes y golpes en las zonas del suelo. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

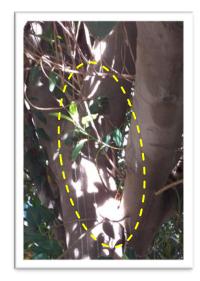
#### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de medio tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona interior y exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición se encuentra semiprotegida por el ejemplar adyacente y el edificio cercano tanto de manera lateral como en altura, pero expuesto a corrientes laterales. La orografía de esta zona de la plaza hace posible la aparición de vientos encajonados de efecto túnel W-E y N. Existe la previsión de modificar la estructura del árbol cercano mediante una reducción de copa y la del propio ejemplar debido a los problemas de ejes secundarios muy horizontales y con tensión excesiva, dato a tener en cuenta en la propuesta de mantenimiento de este ejemplar.

# 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

#### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa ligeramente desequilibrada en la que se observa escasa presencia de ramaje seco. Las uniones e inserciones de ejes, en general, son aceptables según la tipología de la especie, aunque presentan puntos débiles cuando esta unión se materializa de manera horizontal en ejes de medio y gran calibre donde se registran zonas de tensión acumulada. Presentan cortezas incluidas en varios puntos y rozamientos en casi la totalidad de ejes principales y secundarios de su anárquica copa, donde existe una especie de "sálvese quien pueda" a la hora de colonizar espacios lumínicos.





Uniones de ejes 1, 2 y 3 en altura y tronco





La zona interior/central (Este) ha desaparecido casi por completo debido a la fractura del eje de gran dimensión acaecido en el 2011. Se ha comprobado que a una altura de unos 15m existe una angulación generalizada de ejes 2 y 3 de medio calibre con ramas muy excéntricas y sobrepeso ubicadas encima del paso de peatones del lado W. Este hecho habrá que tenerlo en cuenta llegado el momento de proponer las soluciones oportunas.

Uno de los ejes principales orientado hacia el Norte, ubicado encima mismo de la entrada norte de la plaza y sobrevolando el paso de peatones y los bancos. Presenta un alto brazo de palanca, excentricidad muy acusada y cierto abandono de la estructura general por lo que se estudiará una solución específica para mitigar el riesgo de fractura que manifiesta.

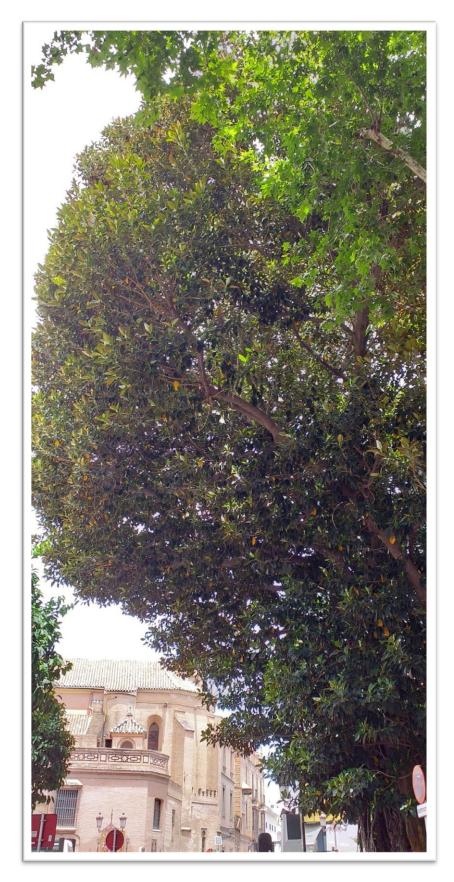
El historial de poda se ha basado en actuaciones de reducción de ejes excéntricos con sobrepeso, excentricidad y potencial riesgo de fractura de la cara W y N cercana a los edificios de la Plaza. Debido a la especie que es, existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna. La respuesta tras la fractura del eje del ejemplar ID\_24 está siendo óptima al emitir reiteraciones vigorosas en gran parte del interior de la copa. No se observan quemaduras solares por insolación directa con una respuesta fisiológica positiva del ejemplar.



Copa interior anárquica. Rozamiento y corteza incluida







Desequilibrio muy acusado de la copa hacia el lado W. Ramas muy excéntricas y con sobrepeso



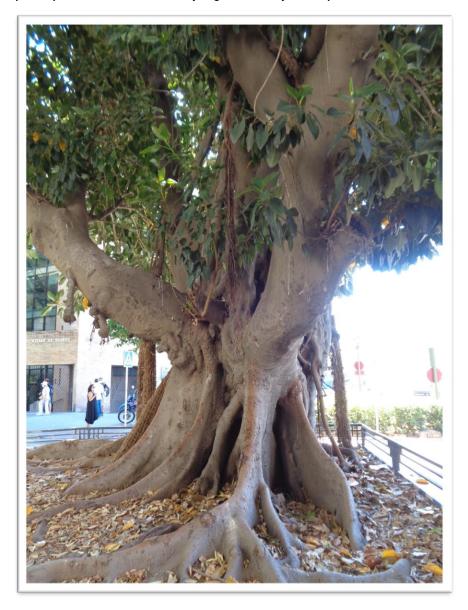


Existen heridas con leve degradación de la madera en varios puntos del ejemplar con adecuado proceso de compartimentación.

#### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales y un notable grupo de raíces aéreas proporcionando una gran estabilidad y en la que existen zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar. No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas. Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie.

La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma.



Tronco formado por una amalgama de ejes principales raíces acostilladas y raíces aéreas





# **CUELLO Y RAÍCES**

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Ocupan prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces. Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo. Durante la inspección no se han detectado defectos destacables.



Tipología de raíces acostilladas



Emisión de raíces aéreas y entutorado





# 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO ALTO

Categorización del riesgo																							
	Parte del árbol	Consideraciones de preocupación	Tamaño de la parte	Distancia de caída a diana	Número de Diana	Protección de diana	Fallo				Probabilidad Impacto				Fallo e Impacto (Matriz 1)				Consecuencias				ión del
Defecto							Improbable	Posible	Probable	Inminente	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Improbable	Algo probable	Probable	Muy Probable	insignificant e	Menor	Significativa	Severo	Categorización del riesgo @emz 2)
		Presentan sobrexposición, desadaptación, y exceso de peso y longitud.	30 cm	10m	1	No			x					x			x					x	Alto
			30 cm	10m	3	No	L		x					x	$oxed{L}$		x				x		Alto
1			20 cm	15m	3	No			x					x			x					x	Alto
			20 cm	15m	3	No			x					x			x					x	Alto
			20 cm	15m	3	No			x					x			x					x	Alto
		Algunos presentan corteza incluida y suelen fallar bajo condiciones climatológicas adversas.	55 cm	8m	3	No			x				x			x						x	Moderado
2	Ejes 1																						
															Г				Г				
3															Г				Г				
4																							
															Г								

# 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros, y complementándose con técnicas de trepa allí donde por limitaciones de espacio no era posible acercarse de otro modo, se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de gran dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana tanto de personas como de vehículos.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento no es muy grande al encontrase protegido tanto lateralmente como en altura por los edificios cercanos y el árbol adyacente.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 y ejes 2 y 3 debido a cortezas incluidas, horizontalidad, excentricidad y tensiones acumuladas.
- Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Presenta ejes secundarios de media dimensión en cara Oeste con alta palanca, excentricidad, sobrepeso y angulaciones.





- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.
- Buena generación de madera de compensación/reacción en zonas de tensión de ejes 1 y otras donde emite barrera 4 de compartimentación de heridas.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.
- Falta de mantenimiento y estimulación de las raíces aéreas que ya se están emitiendo.
- Existe un eje principal excéntrico orientado hacia el Oeste que convendría ser tratado de manera individual mediante apoyo terrestre tipo DISART®.

Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

# 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- De manera lo más inmediata posible convendría una reducción de los ejes laterales con sobrecarga del lado Oeste.
- 2. Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- Aporte hídrico necesario que se aumentara según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 4. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- 5. Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.
- 6. Se debería consolidar el proceso, ya comenzado, referente a las raíces aéreas y estimular la creación de las mismas en otros puntos, así como mejorar su hidratación. Estos árboles necesitan vivamente estos puntales naturales para estabilizar su estructura que tan rápido crece. Se utilizará fibra de coco y tutores para apuntalar dichas raíces y se regarán una vez por semana hasta que penetren en el suelo y se consiga su afianzamiento.
- Se realizarán podas leves de reducción en puntos concretos de no más de 2 metros de longitud. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa, aprovechando tirasavias epítonos y respetando la regla del 1/3 entre la rama principal y el brote seleccionado.
- 8. Para evitar la fractura y caída de las ramas y ejes al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 9. Instalación de apoyo terrestre tipo DISART® en el eje Oeste. (Ver punto 8.1).
- Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.





# 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:

- Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- Realizar podas periódicas basadas en una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5/2 m) para seguir conservando una forma determinada a salvo de excentricidades y crecimientos indeseados. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 4. Realizar podas de selección de los reiterados del interior de la copa.
- 5. Estimular de desarrollo de raíces aéreas y consolidar las ya existentes.
- 6. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.

# 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una S.A. no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.

Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una *S.A.* es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una *S.A.* se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse





progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.

Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.

Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a tres niveles:

1. Estabilización estática a nivel de ejes principales (1).

Aproximadamente a unos 9 metros de altura se trataría de consolidar la estructura principal mediante la unión de los ejes principales en los puntos más adecuados según cada uno de ellos, pero evitando diferencias de altura entre ejes en este primer piso de unión si fuese posible. De esta manera afianzaríamos por un lado la estructura principal implicando a todos los ejes a realizar esfuerzos solidarios y más o menos uniformes, y por otro, elevaríamos el centro de masa, acortando de esta manera el momento palanca de los ejes secundarios, lo que también descargaría de tensión acumulada la zona del cuello/raíces.

2. Estabilización de ejes secundarios (2).

La estructura del ejemplar ID\_24 casi no ofrece posibilidades técnicas para poder colocar sistemas de sustentación aéreas salvo en algunos puntos muy determinados debido a la angulación y desequilibrio acusados de su copa. Además no existen ejes de apoyo con las suficientes garantías situados en el lado interior y que servirían de puntos de anclaje con fuerzas contrapuestas, totalmente necesarios para el dimensionamiento del esqueleto de este segundo piso de sustentaciones.

La estabilización de esta parte se llevaría a cabo mediante la reducción de longitud de los ejes horizontalizados excéntricos y alguna instalación de "stop"" para evitar o ralentizar la caída del eje al suelo.

En cualquier caso, en el momento de la instalación del primer piso, se volvería a evaluar la situación por si hubiese alguna posibilidad de colocar algún tipo de sustentación.

3. Estabilización del eje principal excéntrico de la cara Suroeste con metodología tipo DISART®.

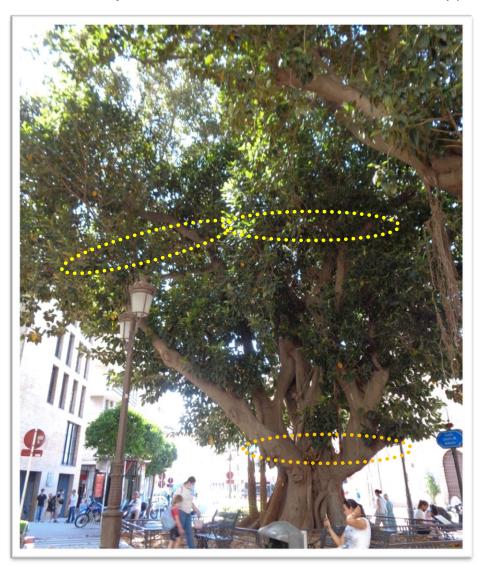




Este eje 1 W presenta un abandono de la zona central de la estructura principal. Se observa una eje con creación de un gran cordón de madera de reacción con un enorme peso, alto brazo de palanca y una excentricidad tan acusada que hace que cualquiera de la otras dos soluciones no sea la adecuada para este elemento estructural, ya que si se produjese la fractura del mismo existiría el riesgo de hacer colapsar a todo el árbol en el caso y estar sustentado parcialmente por otros ejes del mismo árbol, lo que comúnmente se denomina como efecto dominó.

Para ello se debería instalar un apoyo terrestre a modo de puntal o muleta mediante una nueva técnica novedosa de apoyo con amortiguación tipo *DISART®*. De esta manera proporcionaríamos el apoyo y ayuda precisa al eje principal pero sin inmovilizarle con el fin de que siga notando los estímulos necesarios para continuar creando madera de compensación y corregir los defectos que manifiesta sin necesidad de implicar otras partes del árbol. A largo plazo, y cuando se consoliden las raíces aéreas que presenta dicho eje, se podría optar por la retirada de esta ayuda artificial si se cree conveniente.

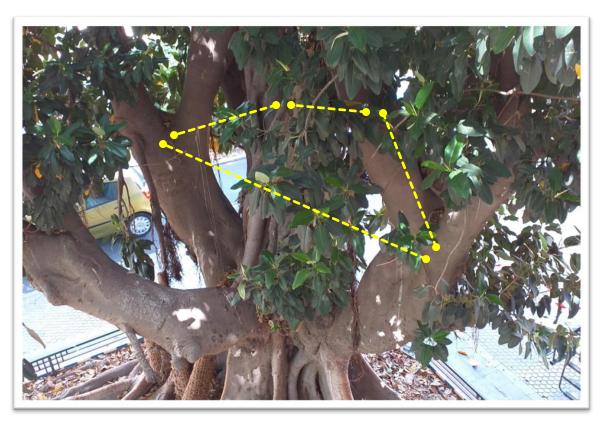
Para dimensionar esta estructura artificial es necesario realizar análisis de cargas y efectuar un diseño de la geometría de la instalación mucho más concienzudo y preciso.



Esquema general del primer piso de sustentaciones estáticas. Zona superior de sustentaciones tipo "stop". Zona de anclaje de 5 de los 6 ejes principales







Esquema aproximado de la fijación estática de ejes 1 a 8m de altura



Esquema aproximado de la sustentación terrestre DISART® vista desde cara Este (interior de la plaza)

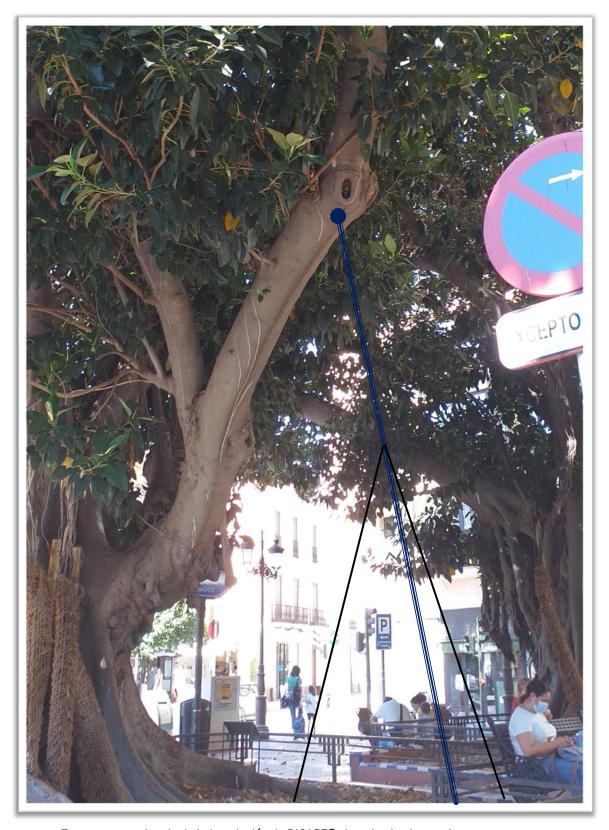






Esquema aproximado de la sustentación terrestre DISART® vista desde cara Oeste

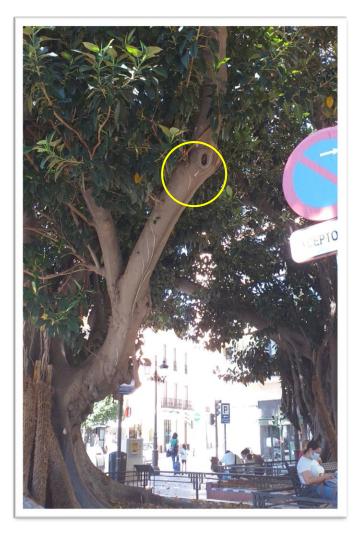




Esquema aproximado de la instalación de DISART® visto desde el paso de peatones







Punto de unión con el dispositivo DISART®



Zona aproximada para las zapatas





# 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos es casi imposible debido a la estructura tan caótica en zonas altas principalmente, y de tan complicado reconocimiento. En cualquier caso y viendo las opciones que se han tenido en cuenta, se realiza la siguiente valoración económica para cada caso.

1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.

La siguiente propuesta incluye:

- Dos arbolistas especialistas en instalación de sustentaciones aéreas.
- Un ayudante de tierra.
- Material de sustentación ejes principales.
- Material de sustentación ejes secundarios.
- Plataforma elevadora PEMP.

Se realizarán técnicas de trepa allí donde no sea posible el acceso mediante la maquinaria elevadora.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado estaría en una horquilla entre 2.300 y 2.700€ + IVA.

2. Dimensionamiento económico de las sustentaciones terrestres DISART®

La siguiente propuesta incluye:

- Dispositivo *DISART®* según medidas estimadas.
- El personal y la maquinaria que se precisen para la instalación del dispositivo.
- Cálculos técnicos previos para el dimensionamiento ingenieril tanto del dispositivo como de las zapatas donde se instalará.
- Mediciones topográficas para la exacta colocación del dispositivo.
- Realización de las tres zapatas necesarias.
- Supervisión del proyecto por parte de los ingenieros del proyecto.
- Visado de obra del Colegio de ingenieros.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el precio estimado estaría en una horquilla entre 5.600 y 6.100€ + IVA.

A continuación se muestran las medidas y dimensiones en las que se ha basado el cálculo del calibre del *DISART®*.

A \ightharpoonup 100 (mm/ancho) x 100 (mm/largo) x 6 (mm/grosor). Capacidad de carga 5 Toneladas.

ID	LONGITUD EJE M	PERÍMETRO EJE M	VOLÚMEN EJE M³	PESO APROX. KG	CARGA AÑDIDA 20%	TOTAL PESO	ZAPATA/TRONCO M	BASE/UNIÓN M	CALIBRE DISART
1	13	2.2	3.75	2.500	500	3.000	6,6	6,3	А
2	17	1.2	5	2.800	560	3.360	7,3	6,5	Α
23	12	2.4	4,5	2.700	540	3.240	9	7,8	А
24	17	2.2	5	3.200	640	3.840	8	6,1	Α
8	19	2.3	6	4.000	800	4.800	8,5	8,4	А
13	13	1.2	2.5	1.700	340	2.040	7	6	А
37	14	1.6	2.1	1.400	280	1.680	9	7,6	А





# 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de *Ficus microcarpa* nos regalan... Es por ello por lo que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.

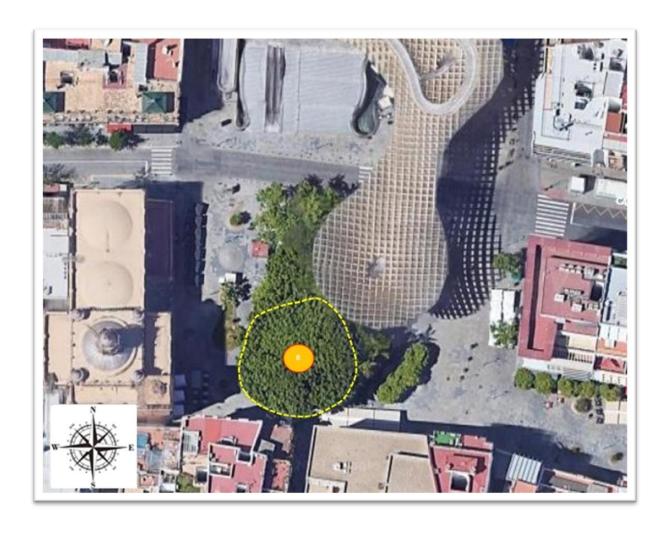






# PLAZA DE LA ENCARNACIÓN

# Ficus microcarpa ID\_8





# ÍNDICE

1.	HIS	TÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	132
1	.1	ACTUACIONES REALIZADAS	132
1	.2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	133
1	.3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	135
2.	EV	ALUACIONES	13
2	1	ESTADO FISOLÓGICO	136
2	.2	ESTADO BIOMECÁNICO	137
2	3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	139
3.	DIA	GNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	139
3	.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	139
3	.2	Problemas añadidos en su entorno	14
4.	Eva	aluación de riesgo según categorización del método I.S.A	14
4	.1	Evaluación de la Diana	14
4	.2	Evaluación de los factores del lugar	142
4	.3	Salud de árbol y perfil de la especie	143
4	.4	Factores de carga	143
4	.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	143
C	OPA	Y RAMAS	143
T	RON	CO	146
C	UEL	LO y RAÍCES	15
4	.6	Categorización del Riesgo	152
5.	CO	NCLUSIONES	153
6.	PR	OPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	153
7.	PR	OPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	154
8.	PR	OPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	154
8	3.1	descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estru 155	ıctura
8	3.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUC 164	TURAL
9.	CO	MENTARIO FINAL	165





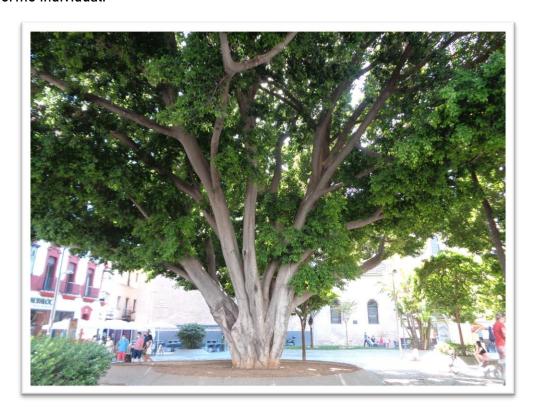
# 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

#### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar imponente de gran dimensión, dominante, estructurado, equilibrado en su copa y que ocupa levemente la zona de desarrollo aéreo del ejemplar ID\_13 adyacente. Ubicado en una plaza de alta ocupación debido a la presencia de varias terrazas de restaurante y trasiego continuo de personas tanto de paso como ocupando la zona estancial. En lo que respecta a su mantenimiento, decir que su gestión se ha basado principalmente en podas de mantenimiento y reducción de ejes secundarios excéntricos de calibre significativo de todo su perímetro con el fin de evitar peso en las zonas distales y evitar momentos de palanca que pudiesen acabar con la fractura de los mismos. Se realizó el terciado de su copa en el año 2012 cuya respuesta está siendo óptima.

Observamos junto a la base herida de gran calibre con madera vista en eje 1 debido a la fractura producida de este cimal (2011) y otras de medio calibre fracturados, muy probablemente, por roturas de tipología SBD. Este hecho está ocasionando una readaptación de la estructura que recién ha comenzado con la emisión de reiteraciones en el interior y en otros puntos de la copa para recuperar la superficie foliar perdida en esos eventos meteorológicos y también por las podas efectuadas, pero con una respuesta algo lenta en el interior y correcta en la zona de la bóveda de todo el ejemplar.

Su entorno cercano ha sido sometido a diferentes remodelaciones que, indudablemente, han afectado al desarrollo del árbol y que explicamos con más precisión en el presente informe individual.



Vista general del ejemplar ID\_8





#### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Este ejemplar fue plantado hacia el año 1920 y ubicado en el interior de la plaza, por lo que se estima en más de la centena los años de vida de este regio ejemplar.

En un pasado cercano y desde el 2009 se han ido ejecutando obras en el entorno de la plaza consistentes en cambios de su estructura arquitectónica y en el pavimentado. Durante el transcurso de las mismas el árbol se ha visto sometido a un estrés gratuito y nada adecuado debido a nefastas actuaciones que las empresas adjudicatarias realizaron, en las que se compactó bestialmente la zona radicular de anclaje y de raíces fisiológicas acumulando gran cantidad de material de la obra, de mucho peso en la mayoría de los casos, escasa y testimonial protección del tronco y nula protección de sus ejes principales.

Durante el año 2010 se realizó un perimetrado de la zona más próxima al tronco consistente en el aumento de cota de unos 60cm, lo que supone una asfixia radicular con unos resultados que, más bien pronto que tarde darán síntomas claros, como la migración de raíces a esa cota y un cambio en la transmisión de cargas de la copa al cuello del ejemplar.

En noviembre del año 2011 se produjo la fractura de un enorme eje principal, después de un episodio EMA y, casualmente, años después de que se realizasen estas obras, ejecutadas con escaso cuidado y muy dudosa atención hacia el ejemplar. A simple vista resulta insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol tan majestuoso. Hay que destacar que el hecho de tener ese aumento de cota en el terreno complica la inspección visual del sistema radicular próximo y de las posibles evidencias patológicas que pudiese haber.



Estado actual del entorno del árbol





# PLAZA DE LA ENCARNACIÓN





Acumulación material de obra en el año 2009. Protección testimonial insuficiente del ejemplar.





#### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

Durante un episodio de EMA en noviembre del año 2011 se produjo la fractura del eje principal orientado al SE. Se procedió a retirar el cimal y a restaurar el desgarro producido de gran dimensión. No causó arrastre de ninguna otra parte del ejemplar. También se observa herida por desgarro de eje en la cara NE donde hay cavidad con madera vista pero sin degradación preocupante. En la actualidad se está compartimentando ese punto con la generación de madera de reacción (barrera 4). Se observan heridas de poca dimensión en zonas de la copa.



Eje principal de gran calibre fracturado por EMA en 2011.



Detalle del enorme desgarro

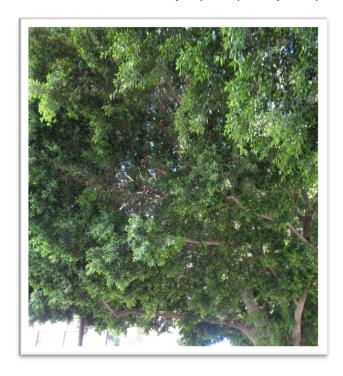




# 2. EVALUACIONES

# 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor en la parte exterior pero poco profusa en el interior del ejemplar. Presenta buena densidad foliar y solamente se aprecian algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones. Buena creación de madera de compensación/reacción, con buenos cordones en zonas de tensión de ejes principales y compartimentación óptima de heridas.



Densidad exterior con abundantes brotaciones

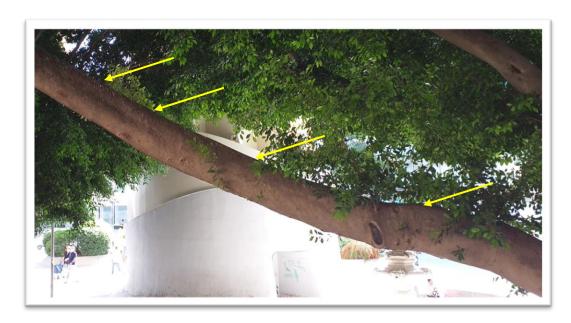


Poca brotación interior





#### PLAZA DE LA ENCARNACIÓN



Cordón superior de madera de compensación

# 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura muy abierta levemente desequilibrada hacia es Sur con cantidad de ejes principales divididos a su vez en ejes secundarios de medio calibre. Se observan buenas uniones en ejes 2 y 3. Existen cortezas incluidas en la mayoría de los ejes 1 con zonas de tensión acumuladas en todos ellos. Todos los ejes tienen una elevada longitud, horizontalidad, excentricidad y altos brazos de palanca. Exhiben unos cordones de madera de compensación en la zona superior de casi todos los ejes debido a la carga tan elevada que soportan. Las inserciones de los reiterados provocados por el terciado del año 2012 se están consolidado de manera adecuada. A diferencia del Ficus *macrophylla*, este ejemplar no muestra esas construcciones tan peculiares de anastomosis.

Tras la fractura ocasionada en el eje principal Sur, se está produciendo una readaptación y reestructuración paulatina del árbol en este punto concreto, conformando un mini bosquete de reiterados, con numerosas y vigorosas reiteraciones ocupando es zona interna del ejemplar donde se produjo un hueco en la bóveda foliar. Existe un riesgo potencial muy alto frente a fractura de ejes principales y secundarios horizontalizados localizados en base y a una altura aproximada de 10 metros en cualquier parte del perímetro.





# PLAZA DE LA ENCARNACIÓN



Cortezas incluidas en ejes 1 y 2



Alta palanca y excentricidad de ejes 1 y 2







Reestructuración de la zona de la fractura

En general, su estructura es potencialmente inestable ya no sólo en condiciones climáticas adversas sino en cualquier momento dado su gran volumen y excentricidad de los ejes principales.

### 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

No se aprecia presencia de cuerpos fructíferos ni actividad fúngica activa. No se detecta sintomatología externa importante de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia, casi testimonial, de pulgón y hormigas de la madera en la parte degradada del corte del eje principal fracturado.

## 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

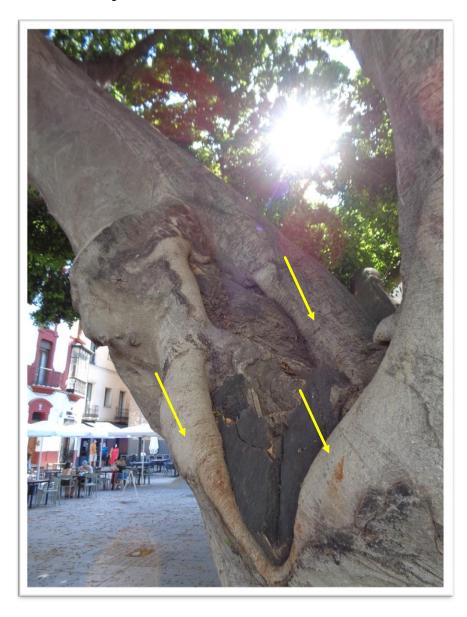
### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

- Presenta reiteraciones vigorosas tras la reestructuración de parte de la copa suprimida por la fractura del eje principal.
- Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de compensación.
- Se observa una excesiva horizontalidad y excentricidad de prácticamente todas las ramas
- Cordón de madera de tensión en casi todos los ejes.





- Se trata de un árbol adulto y se encontraría en Fase 6 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando y sustituyendo a partes iguales. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.
- Esta especie tiene la capacidad de aferrarse en esta etapa de desarrollo durante gran cantidad de años.
- Presenta las características zonas de inclusión de madera propias de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.
- Existen raíces migrando en la zona del cuello actual.
- No se observa degradación de la madera en las zonas de fractura.



Buena respuesta de barrera 4





### 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducidísimo parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por un parterre perimetral de escasa altura con aumento de la cota de terreno.
- Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque, aunque en este caso no sería demasiado problemático ya que existe espacio suficiente para ofrecer al ejemplar la superficie que necesita.



Escaso espacio del parterre con la subida de nivel de cota del parterre defensivo

# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO I.S.A

### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito abundante y continuo de personas. La ocupación es muy alta y constante debido a la presencia de terrazas de restaurantes y varios quioscos y al tratarse de un emblemático emplazamiento gracias, también, a la construcción del proyecto Metrosol Parasol. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas del día. En la proximidad se encuentran zona de juegos infantiles. Es por ello que se considera ALTA su diana.



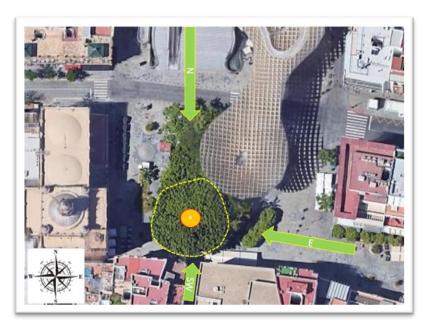




Zonas aledañas al ejemplar con restaurantes en tres de los cuatro costados

### 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar, hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación elevada. Los vientos predominantes son de sentido SW, pudiéndose dar corrientes de túnel por la disposición de la calle Puente y Pellón hacia el interior de la plaza. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes de cualquier tamaño.



Vientos sensibles en la zona del ejempla ID\_8





### 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje tanto interior como exterior, algo de presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual y hormigas de la madera en zonas de cortes antiguo. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de gran tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición se encuentra semiprotegida por el ejemplar adyacente y el edificio cercano tanto de manera lateral como en altura en la cara Sur y Oeste, quedando más expuesto en la parte Este y a corrientes laterales así como a vientos predominantes de SW desde la calle Puente y Pellón. La orografía de esta zona de la plaza hace posible la aparición de vientos encajonados de efecto túnel SW y N.

# 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa equilibrada y muy abierta en la que se observa escasa presencia de ramaje seco. Las uniones e inserciones de ejes, en general, son aceptables según la tipología de la especie, aunque presentan puntos débiles cuando esta unión se trata de ejes principales de medio y gran calibre donde se registran zonas de corteza incluida y fisuras cubiertas en el punto de unión de ejes principales con inserción horizontal. Gran cantidad de ejes 1 y 2 presentan gran horizontalidad y excentricidad, además de un centro de masa muy desplazado hacia el exterior debido a la estructura en colas de león de las ramas. Su historial de mantenimiento se basa en podas de limpieza y reducción. Sufrió un terciado algo severo en el año 2012. Presentan un elevado potencial riesgo de fractura por sobrecarga, SBD y tras los EMA.

La parte central presenta una estructura al mejor estáticamente con ejes verticalizados.



Uniones de ejes secundarios







Corteza incluida en ejes 1 y 2



Terciado en proceso de consolidación a 17 m de altura









Tensiones entre ramas de inserción horizontal

Uno de los ejes principales orientado hacia el Oeste presenta un alto brazo de palanca, excentricidad muy acusada y cierto abandono de la estructura general por lo que se estudiará una solución específica para mitigar el riesgo de fractura que manifiesta. Está cercano al eje fracturado en el 2011 y existe algo de madera vista y degradada en el punto donde se unía con él.



Eje Oeste excéntrico





El historial de poda se ha basado en actuaciones de limpieza de ramas secas y reducción de ejes excéntricos con sobrepeso, excentricidad y potencial riesgo de fractura. Debido a la especie que es, existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna.

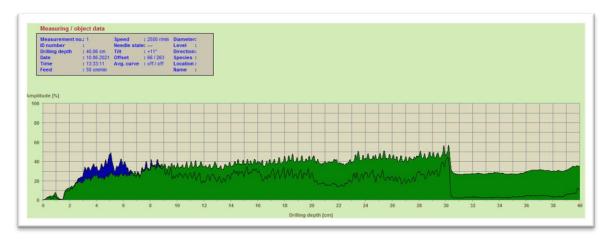
Existen heridas con leve degradación de la madera en varios puntos del ejemplar con adecuado proceso de compartimentación.

### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales en zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar. No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas. Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie, aunque en este ejemplar no son visibles debido a la subida de cota del terreno.

La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma. La inspección con martillo de percusión no refleja síntomas de degradación de madera. De todos modos se realiza unas pruebas con resistógrafo y tomógrafo en el eje Oeste.

### Toma 1



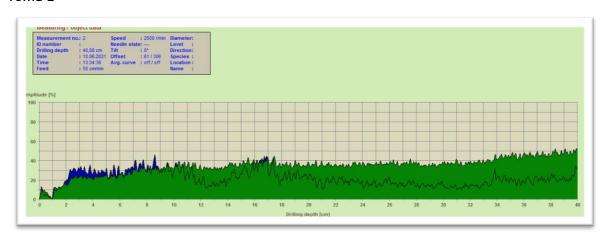






Toma 1: prueba realizada en eje W, a 1,2m, sobre madera viva, orientación NE y buscando la zona de madera descompuesta. Presenta los primeros 30 cm de madera en buenas condiciones seguidos de madera en descomposición.

### Toma 2



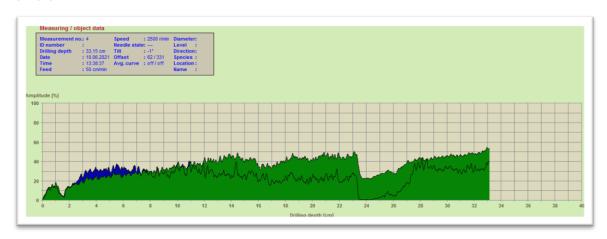


Toma 2: prueba realizada en eje W, a 1,2m, sobre madera viva, orientación E y buscando la zona de madera descompuesta. Presenta todo el resistograma con madera en buenas condiciones.





### Toma 3





Toma 3: prueba realizada en eje W, a 40cm, sobre madera viva, orientación SE y buscando la zona de cavidad. Presenta todo el resistograma con madera en buenas condiciones salvo unos centímetros (entre el 23 y el 27) con degradación, después vuelve a encontrar madera óptima.





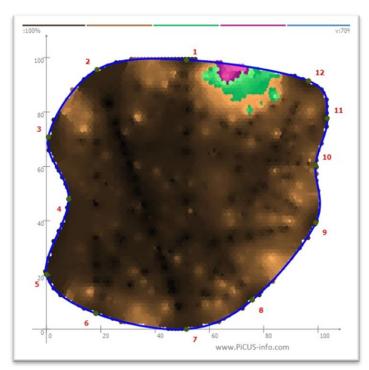
### Prueba tomográfica en Eje Oeste











El tomograma realizado en el eje W a1.6m por encima de la herida de la fractura del eje anterior muestra madera en buenas condiciones. La parte azulada superior corresponde al vacío existente entre los sensores 1 y 12 aunque también existe algo de cavidad.





Como conclusión hay que apuntar que cualquiera de las pruebas de testificación demuestra buena calidad de la madera y en cantidad suficiente.





Tronco formado por ejes principales con anastomosis y corteza incluida. Cara Este y Oeste







Detalle de la herida y barrera 4





### **CUELLO Y RAÍCES**

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Con toda seguridad ocuparían prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se ubica pero es imposible verlo debido al aumento de cota del terreno. Se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces.

Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo.

Durante la inspección no se han detectado defectos destacables salvo la presencia de raíces migrando. Este hecho podría ser síntoma de abandono de otras raíces del cuello real pudiéndose encontrar en deficiente situación por lo que sería recomendable dejar la cota del terreno como estaba en un principio y realizar la pertinente inspección.



Parterre elevado







Detalle de raíces migrando

### 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en tronco, ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO ALTO.

ı	Categorización del riesgo																					
				Diana		Probabilidad											Consecuencia					
	Numero de problema	Parte del árbol				Fallo			Impacto				Fallo e Impacto (Malicia)			S				ación go		
					Protecció n de diana	ejgrgouduj	Posible	Probable	Inminente	oleg Angu	Bajo	ogsegu	Alto	Improbable	Algo probable	Probable	Muy Probable	Intignificant	Menor	Significativa	Severo	Categorización del riesgo (MARIL 2)
		Cimal	Fractura	1	No			X					X			X					X	Alto
	1			2	No			X					X			X					X	Alto
				3	No			X					X			X					X	Alto
				3	No			X					X	L		X		L			X	Alto
	2	Ramas	Fractura	1	No			X					X			X				X		Alto
				2	No			X					X			X				X		Alto
				2	No			X					X			X						Alto
				2	No			X					X			X						Alto
				3	No			X					X			X				X		Alto
	3	Raíz	Vuelco	1	No		X						X		X						X	Moderado
				2	No		X						X		X						X	Moderado
				3	No		X						X		X						X	Moderado
	4																					





### 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros, y complementándose con técnicas de trepa allí donde por limitaciones de espacio no era posible acercarse de otro modo, se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de gran dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana tanto personas.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento es grande al encontrase expuesto en tres de los cuatro costados.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 y ejes 2 y 3 debido a cortezas incluidas, horizontalidad, excentricidad y tensiones acumuladas.
- Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Presenta ejes secundarios de media dimensión con alta palanca, excentricidad, sobrepeso, y angulaciones.
- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.
- Buena generación de madera de compensación/reacción en zonas de tensión de ejes 1 y otras donde emite barrera 4 de compartimentación de heridas.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.
- Existe un eje principal excéntrico orientado hacia el Suroeste que convendría ser tratado de manera individual mediante apoyo terrestre.

Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

### 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- 1. Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- 2. Volver a la anterior cota de nivel de terreno.
- Aporte hídrico necesario que se aumentara según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 4. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.





- 6. Se realizarán podas leves de mantenimiento en puntos concretos. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa.
- Para evitar la fractura y caída de las ramas y ejes al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 8. Instalación de apoyo terrestre DISART® en el eje Oeste. (Ver punto 8.1).
- Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.

## 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:

- Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- 3. Realizar podas periódicas basadas en la retirada de madera seca y una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5/2 m) en ejes donde por su excentricidad y/ sobrepeso así lo requiriese.
- 4. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 5. Realizar podas de selección de los reiterados del interior de la copa.
- 6. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.

### 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una *S.A.* no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.

Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de





elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una *S.A.* es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una *S.A.* se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.

Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.

Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

# 8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a tres niveles:

1. Estabilización estática a nivel de ejes principales (1).

Aproximadamente a unos 10-11 metros de altura se trataría de consolidar la estructura principal mediante la unión de los ejes principales en los puntos más adecuados según cada uno de ellos, pero evitando diferencias de altura entre ejes en este primer piso de unión si fuese posible. De esta manera afianzaríamos por un lado la estructura principal implicando a todos los ejes a realizar esfuerzos solidarios y más o menos uniformes, y por otro, elevaríamos el centro de masa, acortando de esta manera el momento palanca de los ejes secundarios, lo que también descargaría de tensión acumulada la zona del cuello/raíces.

2. Estabilización de ejes secundarios (2).

Una vez afianzado el primer piso, se procede a realizar la instalación de sustentaciones de la parte más alta mediante la utilización técnicas mixtas de cableados dinámicos y semiestáticos, es lo que se conoce como "punta y stop", es decir, un cable de sustentación se colocaría en la punta para evitar sobrecargas y movimientos indeseados a la vez que sujetaría a la zona terminal de la rama en caso de fractura; y otro cable se instalaría en la base de la rama sustentada casi con la única finalidad de intentar evitar que esta cayese al





suelo en caso de fractura. Los puntos de aplicación de estas sustentaciones deben ser verificados en el mismo momento de la colocación.

3. Estabilización del eje principal excéntrico de la cara Suroeste con metodología *DISART®* 

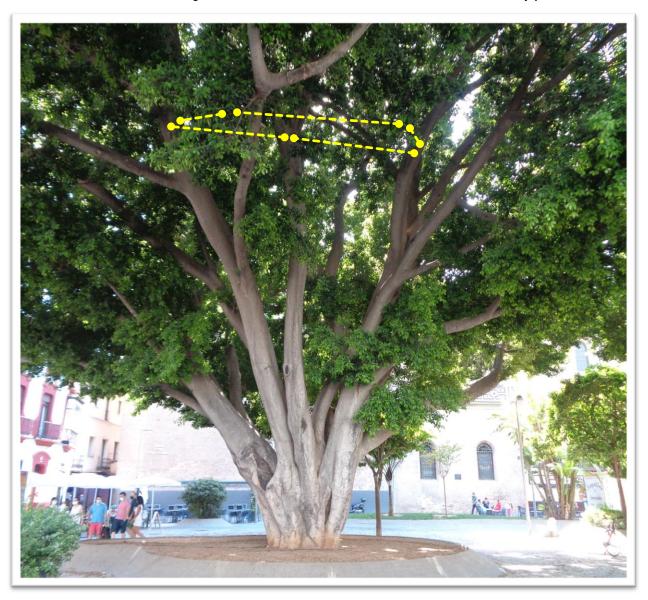
Este eje 1 W presenta un abandono de la zona central de la estructura principal. Se observa una eje con creación de un gran cordón de madera de reacción con un enorme peso, alto brazo de palanca y una excentricidad tan acusada que hace que cualquiera de la otras dos soluciones no sea la adecuada para este elemento estructural, ya que si se produjese la fractura del mismo existiría el riesgo de hacer colapsar a todo el árbol en el caso y estar sustentado parcialmente por otros ejes del mismo árbol, lo que comúnmente se denomina como efecto dominó. Brazo compuesto por la unión de cuatro ejes 2 a unos 3 metros desde su nacimiento. La técnica se basaría en el apoyo del eje secundario más grande, fijando en gran medida toda su estructura. El resto de los otros tres componentes de este cimal se sustentarían mediante cableados una vez que el eje principal se halle bien apoyado en el dispositivo terrestre.

Para ello se debería instalar un apoyo terrestre a modo de puntal o muleta mediante una nueva técnica novedosa de apoyo con amortiguación *DISART®*. De esta manera proporcionaríamos el apoyo y ayuda precisa al eje principal pero sin inmovilizarle con el fin de que siga notando los estímulos necesarios para continuar creando madera de compensación y corregir los defectos que manifiesta sin necesidad de implicar otras partes del árbol. A largo plazo, y cuando se consoliden las raíces aéreas que presenta dicho eje, se podría optar por la retirada de esta ayuda artificial si se cree conveniente.





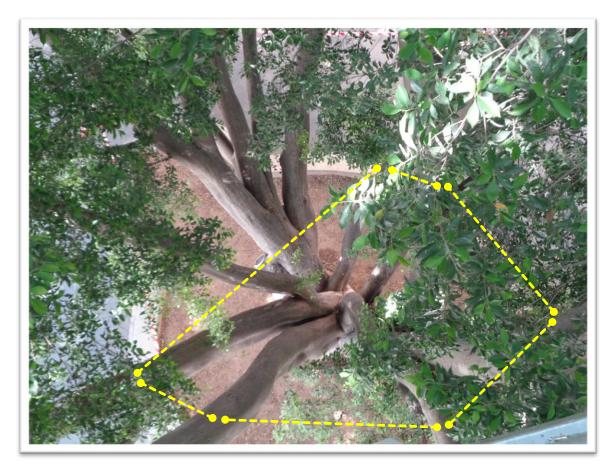
Para dimensionar esta estructura artificial es necesario realizar análisis de cargas y efectuar un diseño de la geometría de la instalación mucho más concienzudo y preciso.



Esquema aproximado de la instalación del primer piso de sustentaciones estáticas en ejes 1 a 10m



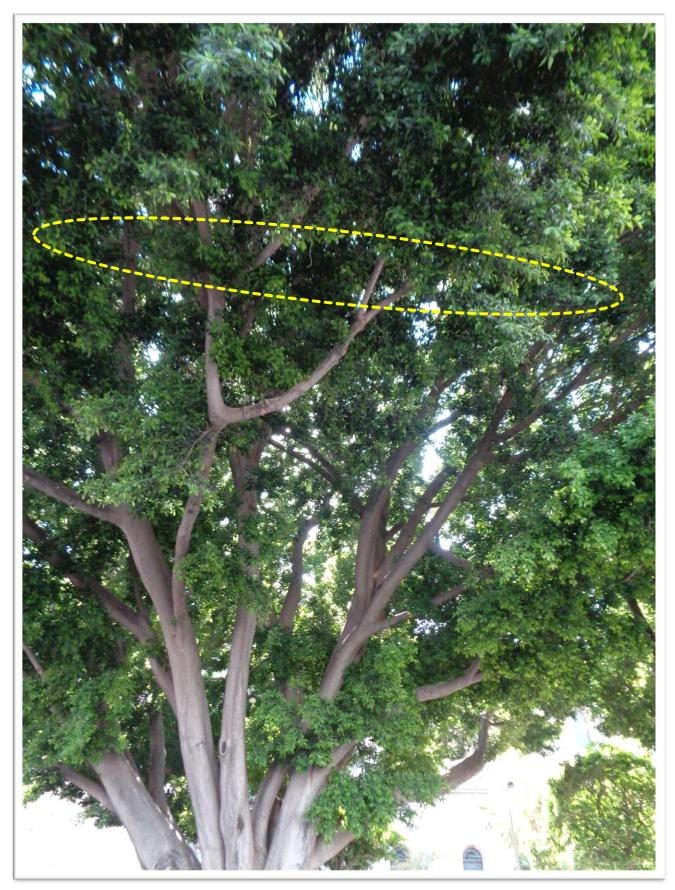




Esquema primer piso de sustentaciones estáticas de ejes 1 a 10m visto desde arriba



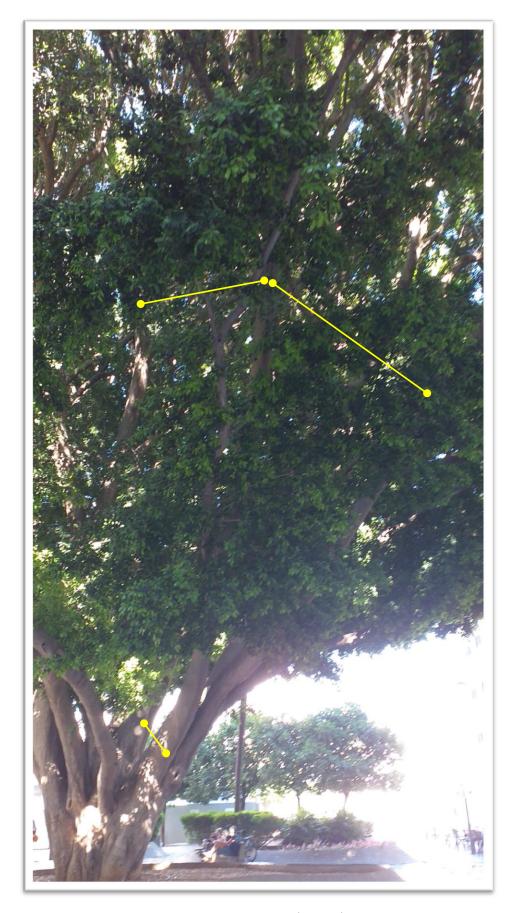




Zona de sustentaciones de ejes 2 lateralizados







Esquema aproximado de una sustentación con técnica "punta-stop"



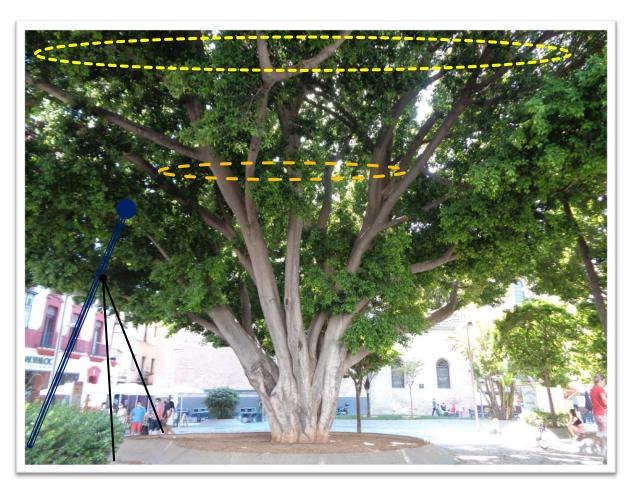




Esquema aproximado de sustentación DISART® en eje 1 SW







Esquema general aproximado de las sustentaciones propuestas







Punto de unión con apoyo DISART®



Ubicación aproximada de las zapatas





### 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos es casi imposible debido a la estructura tan caótica en zonas altas principalmente, y de tan complicado reconocimiento. En cualquier caso y viendo las opciones que se han tenido en cuenta, se realiza la siguiente valoración económica para cada caso.

1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.

La siguiente propuesta incluye:

- Dos arbolistas especialistas en instalación de sustentaciones aéreas.
- Un ayudante de tierra.
- Material de sustentación ejes principales.
- Material de sustentación ejes secundarios.
- Plataforma elevadora PEMP.

Se realizarán técnicas de trepa allí donde no sea posible el acceso mediante la maquinaria elevadora.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado estaría en una horquilla entre es de 2.700 y 3.300€ + IVA.

2. Dimensionamiento económico de las sustentaciones terrestres DISART®

La siguiente propuesta incluye:

- Dispositivo DISART® según medidas estimadas.
- El personal y la maquinaria que se precisen para la instalación del dispositivo.
- Cálculos técnicos previos para el dimensionamiento ingenieril tanto del dispositivo como de las zapatas donde se instalará.
- Mediciones topográficas para la exacta colocación del dispositivo.
- Realización de las tres zapatas necesarias.
- Supervisión del proyecto por parte de los ingenieros del proyecto.
- Visado de obra del Colegio de ingenieros.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el precio estimado estaría en una horquilla entre 6.000 y 6.300€ + IVA.

A continuación se muestran las medidas y dimensiones en las que se ha basado el cálculo del calibre del *DISART®*.

A ==> 100 (mm/ancho) x 100 (mm/largo) x 6 (mm/grosor). Capacidad de carga 5 Toneladas.

ID	LONGITUD EJE M	PERÍMETRO EJE M	VOLÚMEN EJE M³	PESO APROX. KG	CARGA AÑDIDA 20%	TOTAL PESO	ZAPATA/TRONCO M	BASE/UNIÓN M	CALIBRE DISART
1	13	2.2	3.75	2.500	500	3.000	6,6	6,3	А
2	17	1.2	5	2.800	560	3.360	7,3	6,5	Α
23	12	2.4	4,5	2.700	540	3.240	9	7,8	А
24	17	2.2	5	3.200	640	3.840	8	6,1	А
8	19	2.3	6	4.000	800	4.800	8,5	8,4	Α
13	13	1.2	2.5	1.700	340	2.040	7	6	А
37	14	1.6	2.1	1.400	280	1.680	9	7,6	А





### 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

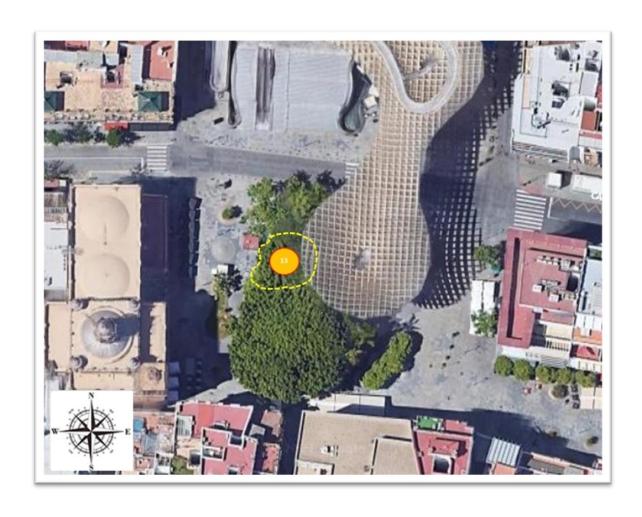
Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de Ficus *microcarpa* nos regalan... Es por ello que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.







# Ficus microcarpa ID\_13





# ÍNDICE

1. H	ISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	167
1.1	ACTUACIONES REALIZADAS	167
1.2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	168
1.3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	169
2. E	EVALUACIONES	169
2.1	ESTADO FISOLÓGICO	169
2.2	ESTADO BIOMECÁNICO	170
2.3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	172
3. [	DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	172
3.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	172
3.2	Problemas añadidos en su entorno	173
4. E	Evaluación de riesgo según categorización del método I.S.A	173
4.1	Evaluación de la Diana	173
4.2	Evaluación de los factores del lugar	174
4.3	Salud de árbol y perfil de la especie	175
4.4	Factores de carga	175
4.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	175
COI	PA Y RAMAs	175
TRO	DNC0	177
CUI	ELLO y RAÍCES	178
4.6	Categorización del Riesgo	179
5. C	CONCLUSIONES	179
6. F	PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	180
7. F	PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	180
8. F	PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	18
8.1	descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estr 182	actura
8.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUC 186	TURAL
9. 0	COMENTARIO FINAL	187





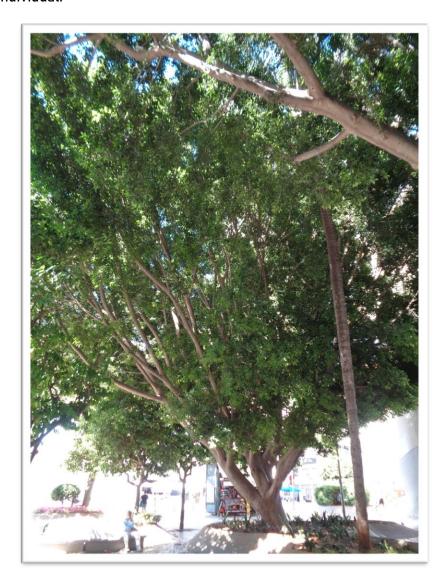
## 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar de gran dimensión, codominante, estructurado, inclinación de ejes principales, y algo desequilibrado en su copa. Ubicado en una plaza de alta ocupación debido a la presencia de varias terrazas de restaurante y trasiego continuo de personas tanto de paso como ocupando la zona estancial. En lo que respecta a su mantenimiento, decir que su gestión se ha basado principalmente en podas de mantenimiento.

Presenta una estructura abierta, limpia, secuenciada y bien dispuesta con ejes principales con deficiente anclaje en la cruz presentando corteza incluida en los tres ejes que la conforman.

Su entorno cercano ha sido sometido a diferentes remodelaciones que, indudablemente, han afectado al desarrollo del árbol y que explicamos con más precisión en el presente informe individual.



Vista general del ejemplar ID\_13





### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Este ejemplar fue plantado a mediados del siglo pasado y ubicado en el interior de la plaza, por lo que se estima en más de la media centena los años de vida de este ejemplar.

En un pasado cercano y desde el 2009 se han ido ejecutando obras en el entorno de la plaza consistentes en cambios de su estructura arquitectónica y en el pavimentado.

Durante el año 2010 se realizó un perimetrado de la zona más próxima al tronco consistente en el aumento de cota de unos 60cm, lo que supone una asfixia radicular con unos resultados que, más bien pronto que tarde darán síntomas claros, como la migración de raíces a esa cota y un cambio en la transmisión de cargas de la copa al cuello del ejemplar.

A simple vista resulta insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol de esta especie. Hay que destacar que el hecho de tener ese aumento de cota en el terreno complica la inspección visual del sistema radicular próximo y de las posibles evidencias patológicas que pudiese haber.



Parterre insuficiente y elevado





### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

No hay constancia de ninguna incidencia accidental de este árbol.

### 2. EVALUACIONES

### 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

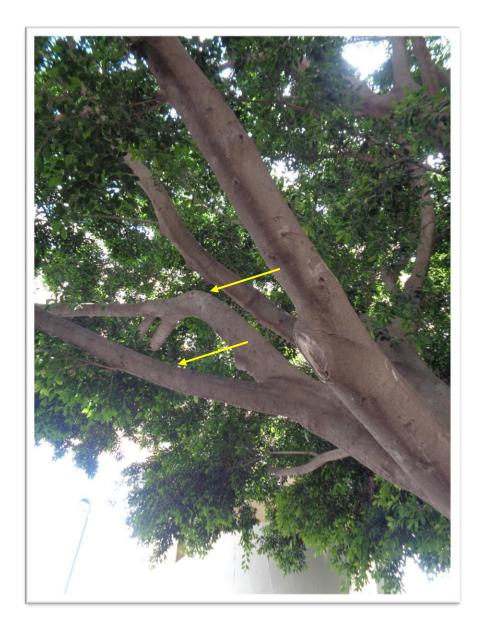
A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor en la parte exterior pero poco profusa en el interior del ejemplar. Presenta buena densidad foliar y solamente se aprecian algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones. Buena creación de madera de compensación/reacción, con buenos cordones en zonas de tensión de ejes principales y compartimentación óptima de las pocas heridas de poda que tiene.



Densidad exterior con abundantes brotaciones. Coloración y tamaño adecuados







Cordón superior de madera de compensación

### 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura muy abierta levemente desequilibrada hacia es Noroeste con cantidad de tres principales divididos a su vez en ejes secundarios de medio y pequeño calibre. Se observan buenas uniones en ejes 2 y 3. Existen cortezas incluidas en los ejes 1 con zonas de tensión acumuladas en todos ellos. Los ejes tienen una moderada longitud, algo horizontalidad y brazos de palanca medianos. Exhiben unos cordones de madera de compensación en la zona superior de casi todos los ejes.

Existe un riesgo potencial alto frente a fractura de ejes principales y secundarios horizontalizados localizados en base y a una altura aproximada de 10 metros en cualquier parte del perímetro por tipología de fallo SBD o tras un EMA.







Cortezas incluidas en ejes 1



Copa desequilibrada

En general, su estructura es algo inestable en condiciones climáticas adversas.





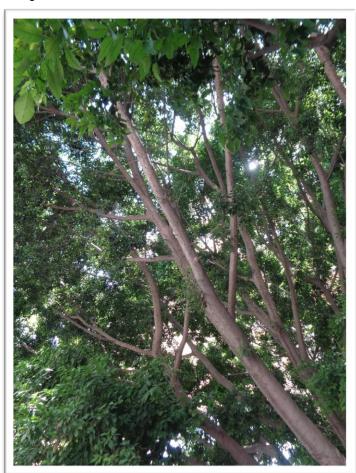
### 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

No se aprecia presencia de cuerpos fructíferos ni actividad fúngica activa. No se detecta sintomatología externa importante de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia, casi testimonial, de pulgón.

### 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

- Presenta reiteraciones secuenciales normales y su vitalidad y vigor son adecuados.
- Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de compensación.
- Cordón de madera de tensión en casi todos los ejes.
- Se trata de un árbol joven y se encontraría en Fase 5 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando ejes continuamente. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.
- Presenta las características zonas de inclusión de madera propias de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.
- Existen raíces migrando en la zona del cuello actual.



Desarrollo secuencial de su estructura





### 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducidísimo parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por un parterre perimetral de escasa altura con aumento de la cota de terreno.
- Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque, aunque en este caso no sería demasiado problemático ya que existe espacio suficiente para ofrecer al ejemplar la superficie que necesita.



Escaso espacio con la subida de nivel de cota del parterre defensivo

# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO

### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito abundante y continuo de personas. La ocupación es muy alta y constante debido a la presencia de terrazas de restaurantes y varios quioscos y al tratarse de un emblemático emplazamiento gracias, también, a la construcción del proyecto Metrosol Parasol. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas del día. En la proximidad se encuentran zona de juegos infantiles. Es por ello que se considera ALTA su diana.



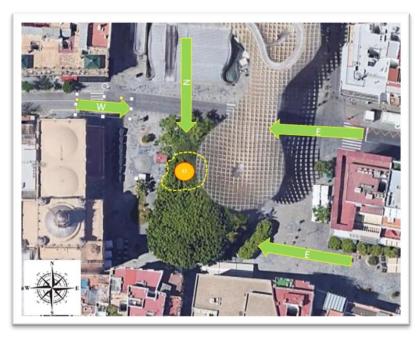




Zonas aledañas al ejemplar con restaurantes cercanos

#### 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar, hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación elevada. Los vientos predominantes son de sentido SW, pudiéndose dar corrientes de túnel por la disposición de la calle Puente y Pellón hacia el interior de la plaza, o a través al corredor de la calle Imagen. Se encuentra protegido por el imponente árbol cercano. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes de cualquier tamaño.



Vientos sensibles en la zona del ejemplar ID\_13





#### 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje, algo de presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

#### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de gran tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición se encuentra semiprotegida por el ejemplar adyacente y el edificio cercano tanto de manera lateral como en altura en la cara Sur y Oeste, quedando más expuesto en la parte Este y a corrientes laterales así como a vientos predominantes de SW desde la calle Puente y Pellón. La orografía de esta zona de la plaza hace posible la aparición de vientos encajonados de efecto túnel SW y N.

# 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

#### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa desequilibrada, algo inclinada y muy abierta en la que se observa escasa presencia de ramaje seco. Las uniones e inserciones de ejes, en general, son aceptables según la tipología de la especie, aunque presentan puntos débiles cuando esta unión se trata de ejes principales donde se registran zonas de corteza incluida y fisuras cubiertas en el punto de unión de ejes principales con inserción horizontal. Ejes 1 y 2 presentan leve horizontalidad y excentricidad. Su historial de mantenimiento se basa en podas de limpieza.

La parte central presenta una estructura al mejor estáticamente con ejes verticalizados.



Estructura interior verticalizada



Ejes secundarios con corteza incluida

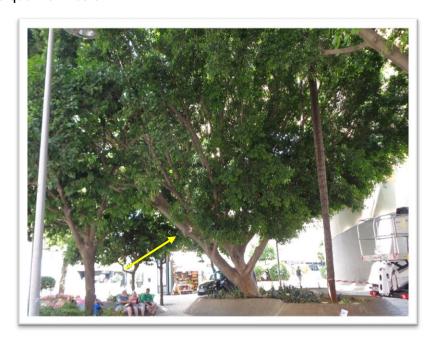






Corteza incluida en ejes 1

Uno de los ejes principales orientado hacia el Noroeste presenta un alto brazo de palanca, excentricidad acusada por lo que se estudiará una solución específica para mitigar el riesgo de fractura que manifiesta.



Eje Noroeste excéntrico





El historial de poda se ha basado en actuaciones de limpieza de ramas secas. Debido a la especie que es, existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna.

Existen heridas con leve degradación de la madera en varios puntos del ejemplar con adecuado proceso de compartimentación.

#### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales en zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar. No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas. Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie, aunque en este ejemplar no son visibles debido a la subida de cota del terreno.

La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma.



Tronco formado por ejes principales con corteza incluida





# **CUELLO Y RAÍCES**

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Con toda seguridad ocuparían prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se ubica pero es imposible verlo debido al aumento de cota del terreno. Se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces.

Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo.

Durante la inspección no se han detectado defectos destacables salvo la presencia de raíces migrando. Este hecho podría ser síntoma de abandono de otras raíces del cuello real pudiéndose encontrar en deficiente situación por lo que sería recomendable dejar la cota del terreno como estaba en un principio y realizar la pertinente inspección.



Raíz migrando





#### 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en tronco, ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO MODERADO.

					Categoriz	ació	on de	el rie	esgo	)												
Ιſ										Pr	obal	bilid	ad						X Moderado			
				Diana			Fa	llo			lmp	acto		Fal	lo e l	mpa riz 1)	cto	Coi	isec	uen	cias	ación sgo
0	problema	Parte del árbol		Número de Diana	Protección de diana	Improbable	Posible	Probable	Inminente	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Improbable	Algo probable	Probable	Muy	Insignificante	Menor	Significativa	Severo	Categoriz del ries
		69690 00		1	No		x						x		x					X		Moderado
Ш	1	Cimal oeste	Fractura																			
Ш																						
		Ramas		1	No			x				X			x				x	Moderado		
Н	2	horizont	Fractura	2	No			x				x			x					X		Moderado
		ales		3	No			x				X			x					X		Moderado
П				1	No		x						x		x						X	Moderado
	3	Raíz	Vuelco	2	No		x						x		x						х	Moderado
Ш				3	No		x						x		x						х	Moderado
	4																		П			
																			П	П	П	
ľ						_														_		

# 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de media dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana de personas.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento es mediana al encontrase expuesto en tres de los cuatro costados pero cubierto relativamente.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 debido a cortezas incluidas, leve excentricidad y tensiones acumuladas.
- Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.
- Buena generación de madera de compensación/reacción en zonas de tensión de ejes 1 y otras donde emite barrera 4 de compartimentación de heridas.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.
- Existe un eje principal excéntrico orientado hacia el Noroeste que convendría ser tratado de manera individual mediante apoyo terrestre.





Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

# 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- 2. Volver a la anterior cota de nivel de terreno.
- Aporte hídrico necesario que se aumentara según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 4. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- 5. Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.
- 6. Se realizarán podas leves de mantenimiento en puntos concretos. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa.
- Para evitar la fractura y caída de las ramas y ejes al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 8. Retirar el banco ubicado justo debajo del eje W.
- 9. Instalación de apoyo terrestre tipo DISART® en el eje Oeste. (Ver punto 8.1).
- Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.

# 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:

- Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- Realizar podas periódicas basadas en la retirada de madera seca y una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5m) en ejes donde por su excentricidad y/ sobrepeso así lo requiriese.
- 4. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 5. Realizar podas de selección de los reiterados del interior de la copa.
- 6. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.





# 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una *S.A.* no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.

Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una *S.A.* es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una *S.A.* se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.

Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.





Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a nivel del tronco/eje principal NW:

 Estabilización del eje principal excéntrico de la cara Noroeste con metodología tipo DISART®.

Este eje 1 NW presenta un leve abandono de la zona central de la estructura principal. Se observa un eje con creación de un gran cordón de madera de reacción con un enorme peso, alto brazo de palanca y una excentricidad moderada. No se aconseja cableados aéreos ya que si se produjese la fractura del mismo existiría el riesgo de hacer colapsar a todo el árbol en el caso y estar sustentado parcialmente por otros ejes del mismo árbol, lo que comúnmente se denomina como efecto dominó, además, la estructura general a excepción de este brazo principal se encuentra verticalizada.

Para ello se debería instalar un apoyo terrestre a modo de puntal o muleta mediante una nueva técnica novedosa de apoyo con amortiguación *DISART®*. De esta manera proporcionaríamos el apoyo y ayuda precisa al eje principal pero sin inmovilizarle con el fin de que siga notando los estímulos necesarios para seguir creando madera de compensación y corregir los defectos que manifiesta sin necesidad de implicar otras partes del árbol. A largo plazo se podría optar por la retirada de esta ayuda artificial si se cree conveniente.

Para dimensionar esta estructura artificial es necesario realizar análisis de cargas y efectuar un diseño de la geometría de la instalación mucho más concienzudo y preciso.







Esquema aproximado del apoyo terrestre DISART®







Vista frontal del apoyo DISART®







Punto de unión con dispositivo DISART®



Ubicación aproximada de las zapatas





### 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, para reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos, se necesitarían contar con muchos más datos para precisar la cantidad exacta.

- 1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.
- 2. Dimensionamiento económico de las sustentaciones terrestres DISART®

#### La siguiente propuesta incluye:

- Dispositivo DISART® según medidas estimadas.
- El personal y la maquinaria que se precisen para la instalación del dispositivo.
- Cálculos técnicos previos para el dimensionamiento ingenieril tanto del dispositivo como de las zapatas donde se instalará.
- Mediciones topográficas para la exacta colocación del dispositivo.
- Realización de las tres zapatas necesarias.
- Supervisión del proyecto por parte de los ingenieros del proyecto.
- Visado de obra del Colegio de ingenieros.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el precio estimado estaría en una horquilla entre 4.900 5.500€ + IVA.

A continuación se muestran las medidas y dimensiones en las que se ha basado el cálculo del calibre del *DISART®*.

A === 100 (mm/ancho) x 100 (mm/largo) x 6 (mm/grosor). Capacidad de carga 5 Toneladas.

D.	3 6 6								
ID	LONGITUD EJE M	PERÍMETRO EJE M	VOLÚMEN EJE M³	PESO APROX. KG	CARGA AÑDIDA 20%	TOTAL PESO	ZAPATA/TRONCO M	BASE/UNIÓN M	CALIBRE DISART
1	13	2.2	3.75	2.500	500	3.000	6,6	6,3	А
2	17	1.2	5	2.800	560	3.360	7,3	6,5	Α
23	12	2.4	4,5	2.700	540	3.240	9	7,8	А
24	17	2.2	5	3.200	640	3.840	8	6,1	Α
8	19	2.3	6	4.000	800	4.800	8,5	8,4	А
13	13	1.2	2.5	1.700	340	2.040	7	6	А
37	14	1.6	2.1	1.400	280	1.680	9	7,6	А





#### 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de Ficus *microcarpa* nos regalan... Es por ello que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.







# PLAZA DEL MUSEO

# Ficus macrophylla ID\_36





# ÍNDICE

1.	HIS	TÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	189
1.	1	ACTUACIONES REALIZADAS	189
1.	2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	189
1.	3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	191
2.	EV	ALUACIONES	192
2	.1	ESTADO FISOLÓGICO	192
2	.2	ESTADO BIOMECÁNICO	193
2	.3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	196
3.	DIA	GNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	196
3	.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	196
3	.2	Problemas añadidos en su entorno	197
4.	Eva	luación de riesgo según categorización del método I.S.A	198
4	.1	Evaluación de la Diana	198
4	.2	Evaluación de los factores del lugar	199
4	.3	Salud de árbol y perfil de la especie	199
4	.4	Factores de carga	199
4	.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	200
С	OPA	Y RAMAs	200
Т	RON	CO	204
С	UEL	LO y RAÍCES	204
4	.6	Categorización del Riesgo	207
5.	COI	NCLUSIONES	207
6.	PR	OPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	208
7.	PR	OPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	208
8.	PR	OPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	209
8	.1	Descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estru 210	ctura
8	.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCT 215	TURAL
9.	COI	MENTARIO FINAL	215





# 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

#### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar codominante de gran dimensión, estructurado, equilibrado en su copa y que comparte la zona de desarrollo aéreo con el ejemplar ID\_37 adyacente. En lo que respecta a su mantenimiento decir que su gestión se ha basado principalmente en continuas podas de reducción de ejes secundarios excéntricos de un calibre significativo de la cara W y N con el fin de evitar peso en las zonas distales y evitar momentos de palanca que pudiesen acabar con la fractura de los mismos.

Observamos heridas con desgarro de ejes pequeños fracturados con anterioridad y que, muy probablemente, se deban a roturas de tipología SBD. En general, su estado fisiológico y biomecánico es bueno, la estructura es aparentemente estable, aunque habrá que tomar medidas supletorias para aumentar la estabilidad de todos sus ejes principales y algunos secundarios orientados hacia la zona Oeste frente a la entrada del Museo.



Vista general del ejemplar ID\_36

#### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Todos los ejemplares de esta especie fueron plantados hacia comienzos del siglo pasado y ubicados en las dos esquinas Norte de la plaza, por lo que se estima en más de la centena los años de vida de estos imponentes seres vivos.





A mediados del Siglo XIX se produjeron una serie de obras en el interior de la plaza a fin de mejorar el espacio estancial y asemejarlas al estilo de épocas pasadas. Una consecuencia de esta remodelación fue la subida ligera la cota de terreno. Es posible que, como consecuencia de las mismas, haya habido algún tipo de sufrimiento radicular, aunque, en el momento de la inspección no se observan síntomas de decaimiento por este hecho.

A simple vista se evidencia el insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol tan majestuoso, siendo un hecho común para todos los ejemplares inspeccionados en el presente informe.

A finales del año 2020 se acometieron otras obras para dotar de más espacio al lugar destinado para el sistema radical y facilitar su correcto desarrollo, ampliando el espacio de suelo para ocupación de raíces e impidiendo el aparcamiento de vehículos en la cercanía y evitar la consiguiente sobrecompactación del terreno, todo ello siguiendo las normas que el Ayuntamiento de Sevilla dispone sobre protección patrimonial de la Plaza, considerada como zona de alta protección urbanística, y seguir conservando este majestuoso ejemplar centenario en las mejores condiciones.



Vista de la cara Oeste del ejemplar ID\_36 durante las obras Fuente: Diario de Sevilla





#### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

Se observan heridas con madera vista y desgarros en varios puntos como consecuencia de la fractura tipo SBD en eje secundario de medio calibre en la zona interior del ejemplar.



Detalle de heridas con madera vista por podas de reducción de ejes laterales



Desgarro por rotura tipología SBD





# 2. EVALUACIONES

#### 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor tanto en la parte apical como en el interior del ejemplar. Solamente se observan algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones. Buena creación de madera de compensación/reacción.

La densidad foliar de la copa es bastante profusa y en el momento de la inspección se producían caídas puntuales de hojas provocado, casi con toda seguridad, por la falta de humedad y riegos.





Densidad interior con abundantes brotaciones y vista de alguna decoloración foliar puntual









Detalle de los reiterados abundantes y vigorosos en el interior

#### 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura peculiar y anárquica a partes iguales en la que se observa importantes defectos significativos a nivel de ejes principales y secundarios. Parte de esta peculiaridad reside en el mal llamado tronco del árbol ya que no es más que el punto de confluencia de todos los ejes primarios casi fundidos pero que no presentan un correcto entrelazado interior de fibras suficiente como para dotar de una gran estabilidad ese punto crítico. En algunos casos se observa anastomosis tanto en troncos principales como en ramas secundarias proporcionando más estabilidad a la estructura principal.

A nivel de copa existe una gran horizontalidad en algunas ramas, altos brazos de palanca, zonas de evidente tensión acumulada sobre todo en la vertiente Oeste, algunas fisuras en inserciones terciarias de ejes Oeste y deficiente unión entre algunos puntos de unión de secundarias.

Existe un riesgo potencial alto frente a fractura de ejes secundarios horizontalizados localizados a una altura aproximada de 12 metros, sobre todo en la cara Oeste, y fractura de ejes principales de gran calibre debido a la corteza incluida en la zona de unión del tronco después de eventos de EMAs o fallo de tipología SBD tras golpes de calor puntuales.







Deficiente unión entre ejes secundarios a 15m de altura



Zona de tensión acumulada en ejes excéntricos y horizontalizados





## PLAZA DEL MUSEO



Detalle de la zona de eje principal con anastomosis y raíces aéreas







### 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

No aprecia presencia de cuerpos fructíferos ni actividad fúngica activa. No se detecta sintomatología externa importante de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia casi testimonial de pulgón.

# 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

Presenta reiteraciones vigorosas en el interior de la copa. Existen leves quemaduras solares provocadas por el acortamiento de los ejes secundarios aunque la incidencia directa del sol está siendo neutralizada por la respuesta de crecimiento de la bóveda exterior. Este leve defecto no afecta actualmente a la probabilidad de fallo de alguna de sus ramas, pero se deberá evaluar en el futuro para comprobar su evolución.



Reiteraciones hipótonas correspondientes a su fase de desarrollo

Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de reacción (barrera 4).



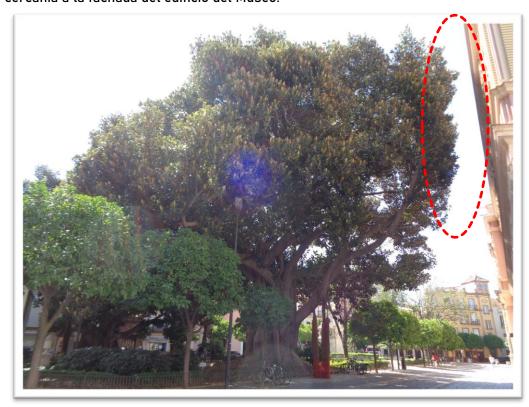




- Se trata de un árbol adulto y se encontraría en Fase 6 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando y sustituyendo a partes iguales. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.
- Esta especie tiene la capacidad de aferrarse en esta etapa de desarrollo durante gran cantidad de años.
- Presenta las características zonas de inclusión de madera y anastomosis de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.

# 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada, en una plaza con parte de orientación Norte y una elevada exposición lumínica. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducido parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por una valla perimetral de escasa altura y que provoca daños en las partes de las raíces más cercanas a ella.
- Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque.
- Ha sido sometido a podas de reducción de ejes laterales orientados al Oeste por su cercanía a la fachada del edificio del Museo.



Podas de reducción por cercanía a fachada del Museo







Escaso espacio del parterre con incidencia de los bordillos y vallado en raíces

# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO I.S.A

### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito de vehículos en la cara Norte con zona de trasiego continuo de personas, además existe un kiosko en la misma acera de la cara N con lo que la ocupación es parmente en gran parte del día. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas centrales del día. En la proximidad se encuentran la entrada al Museo. Se considera una diana ALTA.



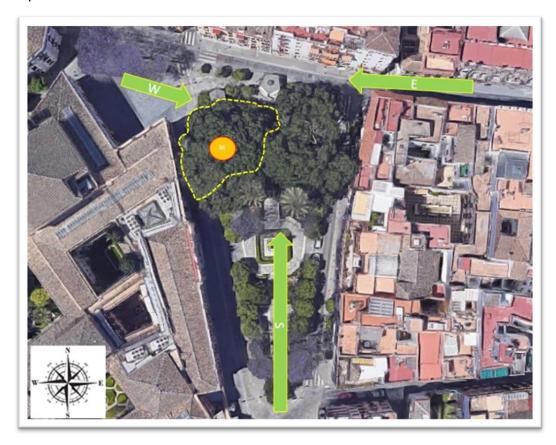
Zona peatonal de alta diana en la entrada al Museo





#### 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar, hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación moderada desde que se limitó la entrada y aparcamiento de vehículos por el lado Oeste de la Plaza. Los vientos predominantes son de sentido S desde la Calle Miguel de Carvajal. También se pueden dar corrientes de túnel W/E por la disposición de la calle Imagen. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes de cualquier tamaño.



Situación del árbol con vientos predominantes

#### 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje tanto interior como exterior, poca presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual. Existen raíces aéreas en periodo de desarrollo y otras que presentan algunos golpes en las zonas del suelo. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

#### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de gran tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona interior y exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición



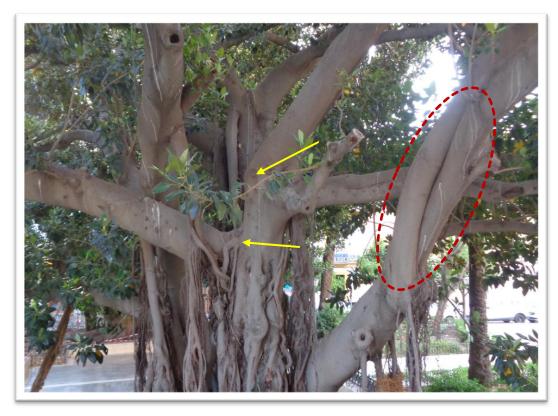


se encuentra semiprotegida por el ejemplar adyacente y el edificio cercano tanto de manera lateral como en altura, pero expuesto a corrientes laterales.

# 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

#### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa ligeramente desequilibrada hacia la fachada del edifico del Museo. Presenta ejes 1 y 2 de gran calibre con anastomosis en la zona del tronco e inserciones algo deficientes en algunos puntos. Los ejes secundarios se encuentran horizontalizados hacia el Norte y el Oeste con gran excentricidad, horizontalidad y altos brazos de palanca. Se observa escasa presencia de ramaje seco. Existen cortezas incluidas en varios puntos y rozamientos en casi la totalidad de ejes principales y secundarios de su anárquica copa, donde existe una especie de "sálvese quien pueda" a la hora de colonizar espacios lumínicos.



Deficiente unión en ejes principales a unos 7 m de altura. Angulaciones

Dos de los ejes principales orientado hacia la entrada al Museo se encuentran entrelazados con débil inserción en el eje 1.

El historial de poda se ha basado en actuaciones de reducción de ejes excéntricos con sobrepeso y potencial riesgo de fractura de la cara W y N que. Debido a la especie que es, existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna.





#### PLAZA DEL MUSEO



Reducción de ejes hacia la fachada del Museo



Deficiente unión de ejes 3 horizontales





Deficientes uniones en ejes 3

La mayoría de las uniones y horquillas de ejes 3 muestran cortezas incluidas, deficientes uniones, algunas con leves fisuras y pequeñas exudaciones. En general, su estructura es





potencialmente inestable ya no sólo en condiciones climáticas adversas sino en cualquier momento dado su gran volumen y peso de todo el conjunto.



Uniones débiles en ejes 2



Tensiones en ejes 3

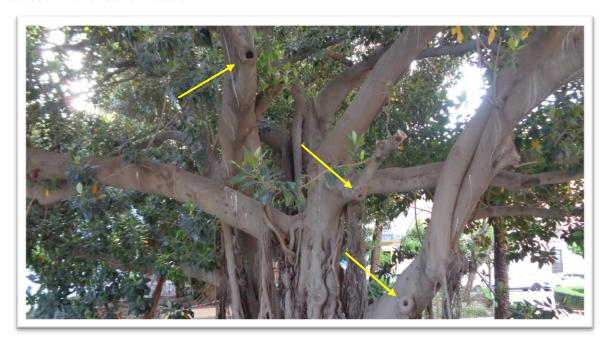






Deficiente unión de ejes 3 sobre el interior de la plaza y con tensiones acumuladas

Existen cavidades con leve degradación de la madera en puntos medio de ejes principales en las que tras la exploración con martillos de resonancia no mostró indicios de deficiente estado interior de la madera.



Cavidad en proceso óptimo de compartimentación en ejes 1





#### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales y un notable grupo de raíces aéreas proporcionando una gran estabilidad y en la que existen zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar. No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas. Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie.

La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma.



Tronco formado por una amalgama de ejes principales, raíces acostilladas y raíces aéreas

### CUELLO Y RAÍCES

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Ocupan prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces.

Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera





muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo. Existe contacto del vallado perimetral con algunas raíces. Presencia de raíces aéreas con la misma problemática de deshidratación.



Tipología de raíces acostilladas



Rozamiento del vallado en raíces







Emisión de raíces aéreas y entutorado cara Oeste



Emisión de raíces aéreas y entutorado cara Norte





#### 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO MODERADO.

				Categoriz	ació	n de	el rie	esgo													
oblema			ana	ana			Probabilidad Fallo Impacto						Fallo e Impacto (Matriz 1)				Consecuencias				ación sgo
Número de problema	Parte del árbol		Número de Diana	Protección de diana	Improbable	Posible	Probable	Inminente	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Improbable	Algo probable	Probable	Muy Probable	Insignificante	Menor	Significativa	Severo	Categorización del riesgo (Matriz 2)
			1 No X	X		X						X	Moderado								
	Ramas	Fractura	2	No		X						x		X						X	Moderado
1			1	No		X						X		X						X	Moderado
			1	No		X						X		x						X	Moderado
			1	No			x					X			x					x	Alto
									L												
2	Ejes 1	Fractura	2	No			X				X			x					X		Moderado
_	5,232																				
3																					

#### 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros, y complementándose con técnicas de trepa allí donde por limitaciones de espacio no era posible acercarse de otro modo, se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de gran dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana tanto de personas.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento no es muy grande al encontrase protegido tanto lateralmente como en altura por los edificios cercanos y el árbol advacente.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 y ejes 2 y 3 debido a cortezas incluidas, horizontalidad, excentricidad, y tensiones acumuladas.
- Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Presenta ejes secundarios de media dimensión en cara Oeste y Norte con alta palanca, excentricidad, sobrepeso.
- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.
- Buena generación de madera de compensación/reacción en zonas de tensión de ejes 1 y otras donde emite barrera 4 de compartimentación de heridas.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.





 Falta de mantenimiento y estimulación de las raíces aéreas que ya se están emitiendo.

Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

# 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- De manera lo más inmediata posible convendría una reducción del eje situado encima de la plaza, entrando desde el kiosko y orientado al Este, debido a su excentricidad acusada y deficiente unión con ejes 3 con laterales con sobrecarga del lado Este, especialmente el que muestra grieta en la unión de ejes 3 ubicado a unos 10 m de.
- 2. Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- Aporte hídrico necesario que se aumentaría según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 4. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- 5. Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.
- 6. Se debería consolidar el proceso, ya comenzado, referente a las raíces aéreas y estimular la creación de las mismas en otros puntos, así como mejorar su hidratación. Estos árboles necesitan vivamente estos puntales naturales para estabilizar su estructura que tan rápido crece. Se utilizará fibra de coco y tutores para apuntalar dichas raíces y se regarán una vez por semana hasta que penetren en el suelo y se consiga su afianzamiento.
- 7. Se realizarán podas leves de reducción en puntos concretos de la zona Oeste, Norte y eje situado hacia el Este, de no más de 1.5 metros de longitud. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa, aprovechando tirasavias epítonos y respetando la regla del 1/3 entre la rama principal y el brote seleccionado.
- 8. Para evitar la fractura y caída de las ramas y ejes al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 9. Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.

# 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:





- 1. Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- Realizar podas periódicas basadas en una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5m) para seguir conservando una forma determinada a salvo de excentricidades y crecimientos indeseados. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 4. Realizar podas de selección de los reiterados del interior de la copa.
- 5. Estimular de desarrollo de raíces aéreas y consolidar las ya existentes.
- 6. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.
- 7. Proponer la recolocación de vallado del parterre para no dañar las raíces.

### 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una *S.A.* no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.

Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una *S.A.* es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una *S.A.* se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.





Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.

Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

## 8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a tres niveles:

1. Estabilización estática a nivel de ejes principales (1).

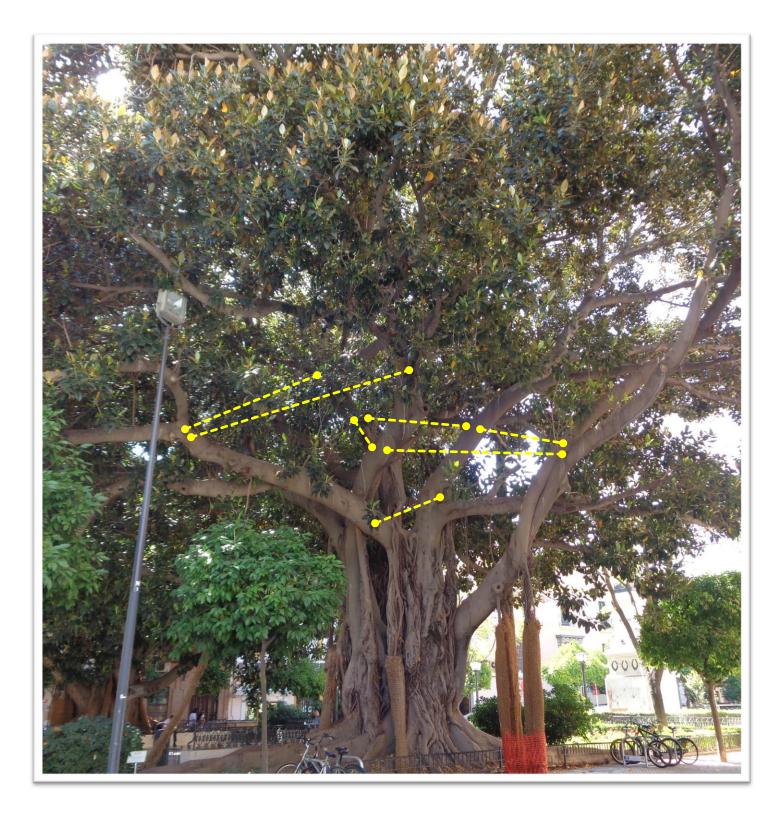
Aproximadamente a unos 9 metros de altura se trataría de consolidar la estructura principal mediante la unión de los ejes principales en los puntos más adecuados según cada uno de ellos, pero evitando diferencias de altura entre ejes en este primer piso de unión si fuese posible. De esta manera afianzaríamos por un lado la estructura principal implicando a todos los ejes a realizar esfuerzos solidarios y más o menos uniformes, y por otro, elevaríamos el centro de masa, acortando de esta manera el momento palanca de los ejes secundarios, lo que también descargaría de tensión acumulada la zona del cuello/raíces.

2. Estabilización de ejes secundarios (2).

Una vez afianzado el primer piso, se procede a realizar la instalación de sustentaciones de la parte más alta mediante la utilización técnicas mixtas de cableados dinámicos y semiestáticos, es lo que se conoce como "punta y stop", es decir, un cable de sustentación se colocaría en la punta para evitar sobrecargas y movimientos indeseados a la vez que sujetaría a la zona terminal de la rama en caso de fractura; y otro cable se instalaría en la base de la rama sustentada casi con la única finalidad de intentar evitar que esta cayese al suelo en caso de fractura. Los puntos de aplicación de estas sustentaciones deben ser verificados en el mismo momento de la colocación.







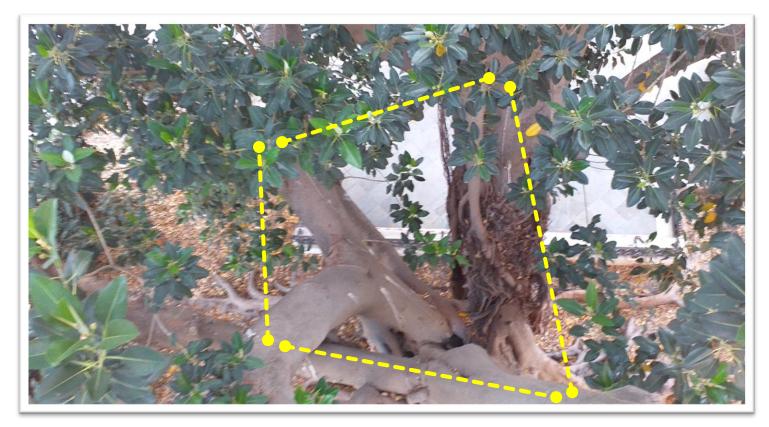
Esquema aproximado de los ejes 1 sustentados a unos 8m de altura con sistema estático

Composición cerrada de 4 ejes centrales

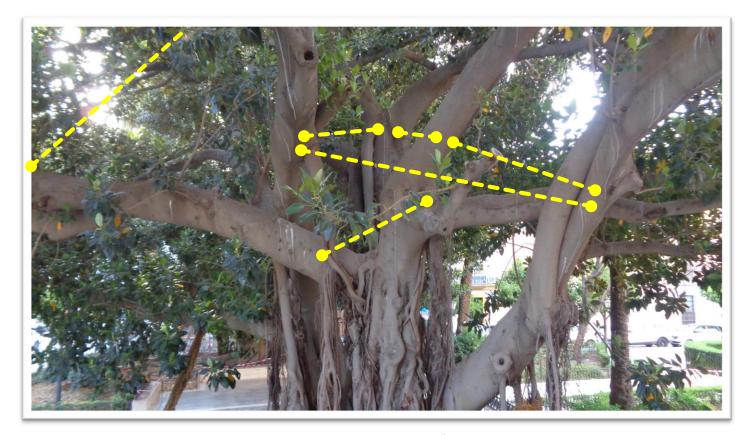
Composición "punta-stop del eje Norte







Esquema aproximado detallado del primer piso de sustentación estática visto desde el interior a 8/9m



Detalle del esquema del primer piso de sustentaciones estáticas visto desde el lado Oeste







Esquema aproximado del punto de colocación de sustentaciones dinámicas "punta-stop" a 17m de altura







Esquema aproximado de los dos pisos de sustentaciones





### 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos es casi imposible debido a la estructura tan caótica en zonas altas principalmente, y de tan complicado reconocimiento. En cualquier caso y viendo las opciones que se han tenido en cuenta, se realiza la siguiente valoración económica para cada caso.

1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.

La siguiente propuesta incluye:

- Dos arbolistas especialistas en instalación de sustentaciones aéreas.
- Un ayudante de tierra.
- Material de sustentación ejes principales.
- Material de sustentación ejes secundarios.
- Plataforma elevadora PEMP.

Se realizarán técnicas de trepa allí donde no sea posible el acceso mediante la maquinaria elevadora.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado es aproximadamente entre 2.700€ y 3.000€ + IVA.

### 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de Ficus *microcarpa* nos regalan... Es por ello que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.







# Ficus macrophylla ID\_37





### ÍNDICE

1. H	HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS	217
1.1	ACTUACIONES REALIZADAS	217
1.2	CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA	217
1.3	INCIDENCIAS REGISTRADAS	219
2. E	EVALUACIONES	220
2.1	ESTADO FISOLÓGICO	220
2.2	ESTADO BIOMECÁNICO	22
2.3	ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO	224
3. [	DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	224
3.1	Diagnóstico morfo-fisiológico Y biomecánico	224
3.2	Problemas añadidos en su entorno	226
4. E	Evaluación de riesgo según categorización del método I.S.A	227
4.1	Evaluación de la Diana	227
4.2	Evaluación de los factores del lugar	227
4.3	Salud de árbol y perfil de la especie	228
4.4	Factores de carga	228
4.5	Defectos detectados y condiciones que afectan a la probabilidad de fallo	229
COI	PA Y RAMAs	229
TRO	DNC0	232
CUI	ELLO y RAÍCES	233
4.6	Categorización del Riesgo	235
5. C	CONCLUSIONES	235
6. F	PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO	23
<b>7.</b> F	PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO	237
8. F	PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL	237
8.1	Descripción gráfica y dimensional de las propuestas de consolidación estr 238	uctura
8.2	ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUC 246	TURAL
9. 0	COMENTARIO FINAL	247





### 1. HISTÓRICO DE ACTUACIONES E INCIDENCIAS

### 1.1 ACTUACIONES REALIZADAS

Ejemplar codominante de gran dimensión, estructurado, equilibrado en su copa y que comparte la zona de desarrollo aéreo con el ejemplar ID\_36 adyacente. En lo que respecta a su mantenimiento decir que su gestión se ha basado principalmente en continuas podas de reducción de ejes secundarios excéntricos de un calibre significativo de la cara E y N con el fin de evitar peso en las zonas distales y evitar momentos de palanca que pudiesen acabar con la fractura de los mismos.

Observamos heridas con desgarro de ejes pequeños fracturados con anterioridad y que, muy probablemente, se deban a roturas de tipología SBD. En general, su estado fisiológico y biomecánico es bueno, la estructura es aparentemente estable, aunque habrá que tomar medidas supletorias para aumentar la estabilidad de todos sus ejes principales y algunos secundarios orientados hacia la zona Oeste frente a la entrada del Museo.



Vista general del ejemplar ID\_37

### 1.2 CAMBIOS EN EL ENTORNO Y FACTORES DE CARGA

Todos los ejemplares de esta especie fueron plantados hacia comienzos del siglo pasado y ubicados en las dos esquinas Norte de la plaza, por lo que se estima en más de la centena los años de vida de estos imponentes seres vivos.





A mediados del Siglo XIX se produjeron una serie de obras en el interior de la plaza a fin de mejorar el espacio estancial y asemejarlas al estilo de épocas pasadas. Una consecuencia de esta remodelación fue la subida ligera la cota de terreno. Es posible que, como consecuencia de las mismas, haya habido algún tipo de sufrimiento radicular, aunque, en el momento de la inspección no se observan síntomas de decaimiento por este hecho.

A simple vista se evidencia el insuficiente el espacio físico destinado al desarrollo del sistema radical visible, sospechando con toda seguridad que lo que no se puede ver es infinitamente mayor y sometido a unas condiciones nada adecuadas para un árbol tan majestuoso, siendo un hecho común para todos los ejemplares inspeccionados en el presente informe.

A finales del año 2020 se acometieron otras obras para dotar de más espacio al lugar destinado para el sistema radical y facilitar su correcto desarrollo, ampliando el espacio de suelo para ocupación de raíces e impidiendo el aparcamiento de vehículos en la cercanía y evitar la consiguiente sobre compactación del terreno, todo ello siguiendo las normas que el Ayuntamiento de Sevilla dispone sobre protección patrimonial de la Plaza, considerada como zona de alta protección urbanística, y seguir conservando este majestuoso ejemplar centenario en las mejores condiciones.



Cara Este del ejemplar ID\_37 tras las obras donde se eliminaron aparcamientos cercanos al árbol





### 1.3 INCIDENCIAS REGISTRADAS

Se observan heridas con madera vista y desgarros en varios puntos como consecuencia de la fractura tipo SBD en eje secundario de medio calibre en la zona interior del ejemplar.



Desgarro en eje 3 a unos 17m de altura



Herida por rotura tipología SBD



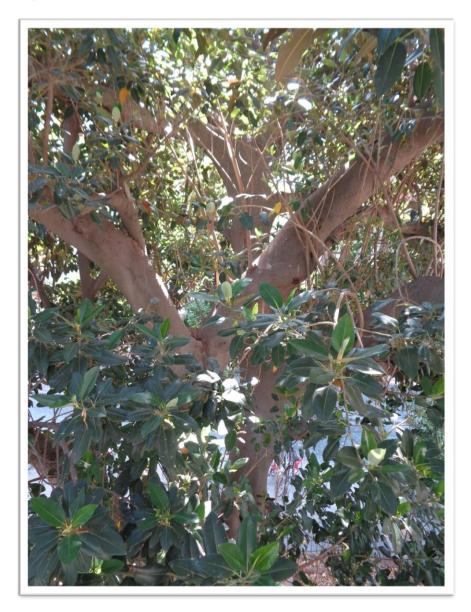


### 2. EVALUACIONES

### 2.1 ESTADO FISOLÓGICO

A nivel fisiológico presenta un estado aceptable. Observamos una coloración y tamaño foliar adecuados, con crecimientos de bastante vitalidad y vigor tanto en la parte apical como en el interior del ejemplar. Solamente se observan algunas hojas aisladas algo marchitas y amarillentas pero que no nos hace sospechar de ninguna carencia nutricional importante. Presencia leve de pulgones. Buena creación de madera de compensación/reacción.

La densidad foliar de la copa es bastante profusa y en el momento de la inspección se producían caídas puntuales de hojas provocado, casi con toda seguridad, por la falta de humedad y riegos.



Densidad interior con abundantes brotaciones y vista de alguna decoloración foliar puntual









Madera de compensación. Detalle de los reiterados abundantes y vigorosos en el interior

### 2.2 ESTADO BIOMECÁNICO

Ejemplar que presenta una estructura peculiar y anárquica a partes iguales en la que se observa importantes defectos significativos a nivel de ejes principales y secundarios. Parte de esta peculiaridad reside en el mal llamado tronco del árbol ya que no es más que el punto de confluencia de todos los ejes primarios casi fundidos pero que no presentan un correcto entrelazado interior de fibras suficiente como para dotar de una gran estabilidad ese punto crítico. En algunos casos se observa anastomosis tanto en troncos principales como en ramas secundarias proporcionando más estabilidad a la estructura principal.

A nivel de copa existe una gran horizontalidad en algunas ramas, altos brazos de palanca, zonas de evidente tensión acumulada sobre todo en la vertiente Este y Sur, algunas fisuras en inserciones terciarias de ejes y deficiente unión entre algunos puntos de unión de secundarias. También se observan algunas quemaduras por insolación directa y asuramientos en ejes 3.

Existe un riesgo potencial alto frente a fractura de ejes secundarios horizontalizados localizados a una altura aproximada de 16 metros, sobre todo en la cara Este y Sur, y fractura de ejes principales de gran calibre debido a la corteza incluida en la zona de unión





del tronco después de eventos de EMAs o fallo de tipología SBD tras golpes de calor puntuales.

Eje principal de gran calibre que presenta cavidad pequeña con buena creación de madera de compartimentación y compensación en todo el perímetro. En la inspección con martillo de resonancia no muestra síntomas de degradación de la madera interna.





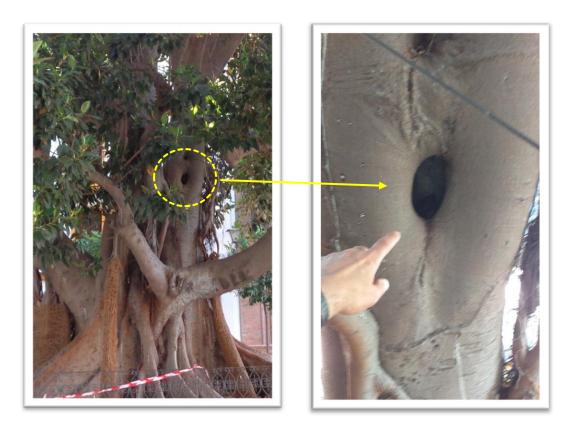
Deficiente unión entre ejes 3 fisurados a 16m de altura



Tensiones grandes en bifurcaciones de ejes 1 de gran calibre a unos 10m de altura







Cavidad en eje 1 en detalle. Buena respuesta de barrera 4 con amplia zona de madera de compensación



Ejes 3 con excesivo peso, excentricidad y horizontalidad hacia interior de la Plaza







Tronco formado por aproximaciones de los ejes 1 con anastomosis

### 2.3 ESTADO FITOPATOLÓGICO Y ENTOMOLÓGICO

No aprecia presencia de cuerpos fructíferos ni actividad fúngica activa. No se detecta sintomatología externa importante de estar afectado por plagas o enfermedades salvo la presencia casi testimonial de pulgón.

### 3. DIAGNOSIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 3.1 DIAGNÓSTICO MORFO-FISIOLÓGICO Y BIOMECÁNICO.

 Presenta reiteraciones vigorosas en el interior de la copa. Existen leves quemaduras solares provocadas por el acortamiento de los ejes secundarios aunque la incidencia directa del sol está siendo neutralizada por la respuesta de





crecimiento de la bóveda exterior. Este leve defecto no afecta actualmente a la probabilidad de fallo de alguna de sus ramas, pero se deberá evaluar en el futuro para comprobar su evolución.



Quemaduras por insolación en eje 3

Pequeñas cavidades con generación apropiada de madera de reacción (barrera 4).



Fenda inferior producida por desgarro de eje 3 con buena zona de madera de reacción

Se trata de un árbol adulto y se encontraría en Fase 6 según el desarrollo natural de Pierre Raimbault, esto implica una progresiva colonización del espacio disponible tanto a nivel aéreo como en el entorno subterráneo y un mantenimiento de sus estructuras, creando y sustituyendo a partes iguales. Se producen nuevas ramificaciones en los extremos de manera secuencial y reiteraciones provocadas por pérdida accidental o artificial de algunos de sus ejes principales.





- Esta especie tiene la capacidad de aferrarse en esta etapa de desarrollo durante gran cantidad de años.
- Presenta las características zonas de inclusión de madera y anastomosis de la especie.
- No se detecta actividad fúngica ni presencia de cuerpos fructíferos.

### 3.2 PROBLEMAS AÑADIDOS EN SU ENTORNO

- Se encuentra ubicado en una posición muy soleada, en una plaza con parte de orientación Norte y una elevada exposición lumínica. Esta especie prefiere de posiciones de semisombra con suelos húmedos, drenados y poco compactados.
- El reducido parterre del que disfruta actualmente el sistema radicular se ve afectado por los orines de los perros y personas.
- El acceso al mismo se encuentra delimitado por una valla perimetral de escasa altura y que provoca daños en las partes de las raíces más cercanas a ella.
- Encontrarse en un entorno tan singular como el de estas plazas de la ciudad de Sevilla puede originar dificultades a la hora de modificar el alcorque.
- Ha sido sometido a podas de reducción de ejes laterales orientados al Oeste por su cercanía a la fachada del edificio del Museo.



Podas de reducción por cercanía a fachada del edificio







Escaso espacio del parterre con incidencia de los bordillos y vallado en raíces

# 4. EVALUACIÓN DE RIESGO SEGÚN CATEGORIZACIÓN DEL MÉTODO I.S.A

### 4.1 EVALUACIÓN DE LA DIANA

La copa se proyecta sobre una zona de tránsito de vehículos en la cara Oeste con zona de trasiego continuo de personas, además existe un kiosko en la misma acera de la cara N con lo que la ocupación es parmente en gran parte del día. La zona central esta provista de bancos en los que existe una alta ocupación en determinadas horas centrales del día. En la proximidad se encuentran la entrada al Museo. Se considera una diana ALTA.



Zona peatonal de alta diana en el interior de la Plaza y acera con kiosko de la calle Imagen

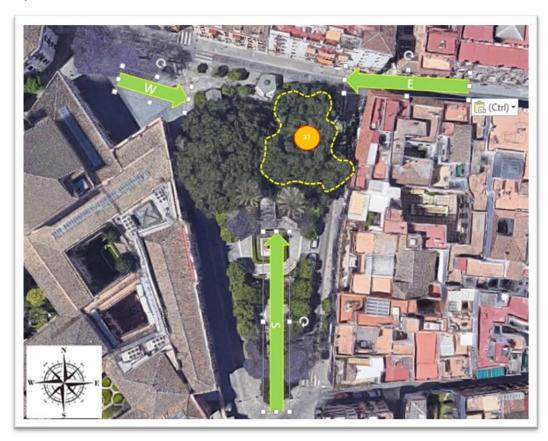
### 4.2 EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DEL LUGAR

Topográficamente se trata de un terreno llano en el que se aprecia, de manera evidente, la escasa zona destinada al desarrollo radicular y su reducido volumen respecto del ejemplar,





hecho que limita en gran manera su crecimiento. La zona que circunda el parterre presenta una compactación moderada desde que se limitó la entrada y aparcamiento de vehículos por el lado Oeste de la Plaza. Los vientos predominantes son de sentido SW desde la Calle Miguel de Carvajal. También se pueden dar corrientes de túnel W/E por la disposición de la calle Imagen. Existe una gran susceptibilidad ante golpes fuertes de calor, sobre todo en la temporada que va desde abril hasta septiembre, lo que suele provocar fractura de ejes de cualquier tamaño.



Situación del árbol con vientos predominantes

### 4.3 SALUD DE ÁRBOL Y PERFIL DE LA ESPECIE

En general presenta un nivel de vitalidad y vigor bastante óptimo, con buena densidad de follaje tanto interior como exterior, poca presencia de ramas secas que en cualquier caso son de escaso calibre, tampoco se observa nada destacable en cuanto a plagas salvo algo de pulgón y alguna hoja amarillenta de manera puntual. Existen raíces aéreas en periodo de desarrollo y otras que presentan algunos golpes en las zonas del suelo. Propenso a fractura de ramas horizontalizadas (SBD).

### 4.4 FACTORES DE CARGA

Ejemplar de gran tamaño y vela, con óptima densidad de follaje en la zona interior y exterior lo que le hace que tenga un impacto medio en la carga generada por el viento. Su exposición se encuentra semiprotegida por el ejemplar adyacente y el edificio cercano tanto de manera lateral como en altura, pero expuesto a corrientes laterales de efecto túnel desde la calle Imagen.

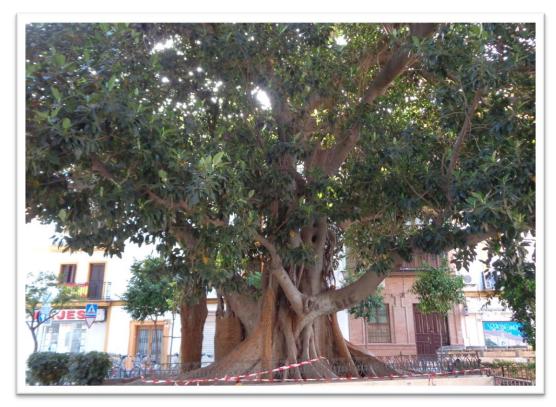




# 4.5 DEFECTOS DETECTADOS Y CONDICIONES QUE AFECTAN A LA PROBABILIDAD DE FALLO

### **COPA Y RAMAS**

Árbol con la estructura principal de la copa ligeramente desequilibrada hacia la fachada del edifico cercano. Presenta ejes 1 y 2 de gran calibre con anastomosis en la zona del tronco e inserciones algo deficientes en algunos puntos. Los ejes secundarios se encuentran horizontalizados hacia el Sur, Norte y el Este con gran excentricidad, horizontalidad y altos brazos de palanca. Se observa escasa presencia de ramaje seco. Existen cortezas incluidas en varios puntos y rozamientos en casi la totalidad de ejes principales y secundarios de su anárquica copa, donde existe una especie de "sálvese quien pueda" a la hora de colonizar espacios lumínicos.



Vista general de la copa

Eje principal orientado hacia la calle Imagen y kiosko que presenta excentricidad acusada y un leve abandono de la estructura general. El cimal ubicado sobre un banco de la plaza en la zona interior se encuentra cableado desde hace tiempo y su situación en el momento de la inspección era muy precaria con pérdida de elementos de sujeción del cable acerado que lo sujeta. Sólo existen 2 en cada uno de los extremos, y debería haber un mínimo de 4. Los pernos están asimilados por el crecimiento de la madera en ambos puntos de instalación. Se debería estabilizar ese cable con la instalación de más "perrillos" de atrape a la mayor brevedad posible ya que es evidente que el cable está resbalando por esos dos insuficientes puntos de agarre.

El historial de poda se ha basado en actuaciones de reducción de ejes excéntricos con sobrepeso y potencial riesgo de fractura de la cara E y N que. Debido a la especie que es,





existe una alta probabilidad de fractura de ejes de medio y gran diámetro de tipología SBD, también durante la aparición de EMAs, o sin su manifestación, incluso sin mostrar sintomatología de debilidad estructural alguna.



Deficiente estado del cable de acero del cimal Oeste sobre el banco de la Plaza





Falta de perrillos en el cable acerado. Perno interior asimilado por el crecimiento de madera





En ejes 1 se observan tensiones acumuladas en la inserción de los ejes 2 donde, debido a la bifurcación, excentricidad, altos brazos de palanca y gran masa de los mismos, presentan puntos de potencial debilidad estructural. La mayoría de las uniones y horquillas de ejes 3 muestran cortezas incluidas, deficientes uniones, algunas con leves fisuras y pequeñas exudaciones. En general, su estructura es potencialmente inestable ya no sólo en condiciones climáticas adversas sino en cualquier momento dado su gran volumen y peso de todo el conjunto.





Uniones con tensiones acumuladas en ejes 1



Tensiones en ejes 2 horizontalizados







Ejes 3 muy horizontalizados y excéntricos

Existen cavidades con leve degradación de la madera en puntos medio de ejes principales en las que tras la exploración con martillos de resonancia no mostró indicios de deficiente estado interior de la madera.



Cavidades en proceso óptimo de compartimentación en ejes 1

### **TRONCO**

Esta especie no presenta un tronco al uso sino que es una estructura formada por la unión de ejes principales y un notable grupo de raíces aéreas proporcionando una gran estabilidad y en la que existen zonas de anastomosis que confieren una mejora en la resistencia de esta disposición tan peculiar.

No obstante observamos también zonas de corteza incluida en ejes 1 de gran dimensión y que sería necesario inspeccionar habitualmente debido a su riesgo potencial, sobre todo en episodios de condiciones climatológicas adversas.

Parte del llamado tronco se fusiona con el cuello y los contrafuertes típicos de esta especie.





La carga que soporta esta zona es muy significativa y sería posible un fallo en la misma.



Tronco formado por una amalgama de ejes principales, raíces acostilladas y raíces aéreas

### CUELLO Y RAÍCES

Esta zona, cuello-raíces, es un punto muy estable tanto por su disposición como por las propiedades físicas que le hacen altamente resistente a la compresión y tracción. Ocupan prácticamente todo el espacio disponible del parterre en el que se observa un desecamiento preocupante del sustrato. El aporte hídrico que demanda esta especie es mucho mayor de lo que puede suministrar la exigua línea de goteo que existe, insuficiente a todas luces.

Este dato es de vital importancia ya que la falta de humedad, aparte de provocar merma en la vitalidad del ejemplar, podría ser uno de los motivos desencadenantes de fractura de ejes principales. En esta parte del árbol se acumulan y transfieren cargas de una manera muy significativa aunque parece improbable cualquier fallo. Existe contacto del vallado perimetral con algunas raíces. Presencia de raíces aéreas con la misma problemática de deshidratación.





Raíces aéreas deshidratadas







Rozamiento del vallado en raíces



Típicas raíces acostilladas de la especie





### 4.6 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO

En el siguiente cuadro se muestra gráficamente la categorización del riesgo según los defectos encontrados principalmente en ejes primarios y secundarios con un resultado de RIESGO ALTO.

Categorización del riesgo																						
	g					Probabilidad  Fallo Impacto Fallo e Impacto										cto	Consecuencias				del	
	Número de problema	Parte del árbol		de Diana	Protección de diana	Fallo				Impacto				(Matrix 1)								go go
				Número de		Improbable	Posible	Probable	Inminente	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Improbable	Algo probable	Probable	Muy	Insignificant e	Menor	Significativa	Severo	Categorización del riesgo
П				1	No			x					x		x						X	Alto
1		Ramas	Fractura	2	No			X					x		x						X	Alto
	1			2	No			x					x			x					X	Alto
П				2	No			x					x			x					x	Alto
П				3	No		x						x		x						X	Moderado
				1	No		x						X		x						X	Moderado
П	2	Ejes 1		2	No		x						x		X						x	Moderado
																		L				
	3					$\vdash$												$\vdash$				
	4																					
l						L																

### 5. CONCLUSIONES

Una vez realiza la inspección y evaluación del ejemplar tanto a nivel del suelo como en altura mediante la utilización de una PEMP de 20 metros, y complementándose con técnicas de trepa allí donde por limitaciones de espacio no era posible acercarse de otro modo, se ha podido constatar lo siguiente:

- Se trata de un ejemplar de gran dimensión ubicado en una emblemática Plaza con una alta diana tanto de personas.
- La vitalidad del mismo es adecuada.
- La exposición a las cargas producidas por el viento no es muy grande al encontrase protegido tanto lateralmente como en altura por los edificios cercanos y el árbol adyacente.
- Presenta defectos estructurales a nivel de ejes 1 y ejes 2 y 3 debido a cortezas incluidas, horizontalidad, excentricidad, y tensiones acumuladas.
- Muy sensible a fracturas ante condiciones meteorológicas adversas y especialmente por golpes de calor (SBD).
- Presenta ejes secundarios de media dimensión en cara Este y Norte con alta palanca, excentricidad, sobrepeso.
- Condiciones inadecuadas del parterre donde se ubica el árbol.





- Buena generación de madera de compensación/reacción en zonas de tensión de ejes 1 y otras donde emite barrera 4 de compartimentación de heridas.
- Falta evidente de aporte hídrico en todo el plato radicular.
- Falta de mantenimiento y estimulación de las raíces aéreas que ya se están emitiendo.
- Eje 1 de la cara interior con deficiente estado en sus sustentación artificial.
- Eje 1 de la cara Norte con excentricidad y abandono de la estructura general.

Es muy probable que existan zonas cuya inspección no se haya podido realizar de manera adecuada debido a las limitaciones que se explican detalladamente en la memoria del presente proyecto.

### 6. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A CORTO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a corto plazo:

- De manera lo más inmediata posible convendría fijar más elementos de mordaza del cable acerado en los dos extremos del eje 1 que está ubicado encima del banco interior de la Plaza.
- 2. Revisión en base y altura de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA.
- Aporte hídrico necesario que se aumentara según necesidades en épocas de calor extremo y sequía y con la periodicidad que marque la Dirección Técnica facultativa. Serían riegos a manta evitando la incidencia del agua en hojas y madera de los contrafuertes.
- 4. Mejorar la calidad del sustrato mediante aporte de mulch orgánico envejecido y con la enmienda de elementos nutricionales que enriquezcan la tierra si así lo precisase el ejemplar. No es aconsejable la retirada de las hojas caídas en el interior del parterre ya que mejoran notablemente la calidad del terreno.
- 5. Mantener la zona lo más descompactada posible, evitando el pisoteo de personas y animales, así como los orines, con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación y acidez del suelo.
- 6. Se debería consolidar el proceso, ya comenzado, referente a las raíces aéreas y estimular la creación de las mismas en otros puntos, así como mejorar su hidratación. Estos árboles necesitan vivamente estos puntales naturales para estabilizar su estructura que tan rápido crece. Se utilizará fibra de coco y tutores para apuntalar dichas raíces y se regarán una vez por semana hasta que penetren en el suelo y se consiga su afianzamiento.
- 7. Se realizarán podas leves de reducción en puntos concretos de la zona Este, Norte y ejes situados hacia el Sur, de no más de 1.5 metros de longitud. Los cortes se deberán hacer de manera respetuosa, aprovechando tirasavias epítonos y respetando la regla del 1/3 entre la rama principal y el brote seleccionado.
- Para evitar la fractura y caída de las ramas y ejes al suelo se recomienda la instalación de sustentaciones artificiales aéreas. Estas sustentaciones consolidarán ejes principales y secundarios y/o podrían ralentizar la caída al suelo.
- 9. Instalación de apoyo terrestre tipo *DISART®* en el eje Norte. (Ver punto 8.1).
- Instalar testigos de medición rápida para comprobar de una manera sencilla y práctica cualquier cambio en la geometría estructural de los ejes principales.





### 7. PROPUESTA DE ACTUACIÓN A MEDIO-LARGO PLAZO

Tras la inspección realizada se proponen las siguientes medidas a medio-largo plazo:

- Revisión en base y altura de manera cuatrimestral y tras un episodio de EMA de todos los puntos críticos de la estructura del ejemplar.
- 2. Revisión de los sistemas de sustentaciones artificiales de manera anual y tras un episodio de EMA.
- 3. No retirar el cable acerado del eje Oeste.
- 4. Realizar podas periódicas basadas en una leve reducción de longitud de ejes secundarios (no más de 1.5m) para seguir conservando una forma determinada a salvo de excentricidades y crecimientos indeseados. Fomentar el desarrollo de ramaje interno.
- 5. Realizar podas de selección de los reiterados del interior de la copa.
- 6. Estimular de desarrollo de raíces aéreas y consolidar las ya existentes.
- 7. Aportes hídricos y nutricionales adecuados.
- 8. Proponer la recolocación de vallado del parterre para no dañar las raíces.

### 8. PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Antes de realizar ninguna propuesta para la consolidación estructural de los ejemplares es imprescindible conocer básicamente qué es una sustentación artificial y en qué consiste, que beneficios nos proporciona, los cuidados que requieren y la responsabilidad que adquirimos al instalar cualquiera de los diferentes tipos de anclajes que existen.

Una sustentación artificial es el resultado de un procedimiento destinado a proporcionar la consolidación de un árbol o partes de él mediante una sujeción artificial, realizado con unos materiales y técnicas específicas. Para realizar estas uniones se conectan ramas del mismo árbol entre sí, ramas de ejemplares distintos, o se emplean estructuras externas que le sirvan de apoyo.

El objetivo perseguido es consolidar y/o sostener partes del ejemplar que por debilitamiento estructural o excesiva carga en puntos concretos tienen comprometida su estabilidad, evitando así el colapso del árbol o de la parte afectada, y que mediante la aplicación de una S.A. no se supere el límite de elasticidad, siendo éste el punto máximo de estrés que el material (la madera) es capaz de soportar sin deformarse para luego volver a su estado original y no llegar a un punto de fractura sin retorno. Es preciso saber que mientras que una sustentación aérea implica el trabajo de varios de los ejes del árbol con los pros y contras que ello conlleva, la sustentación terrestre es puntal y sólo involucra al eje sustentado y al tipo de dispositivo elegido.

Todos los árboles pueden ver mermada la eficacia de su estructura al estar expuestos a cargas y a diversas patologías que hacen que la madera pueda perder sus propiedades. Las características físicas de la esta varían de unas especies a otras, por lo que su límite de elasticidad dependerá del árbol que estamos tratando y que tendremos en cuenta a la hora de proponer o realizar una *S.A.* 

Debemos saber que la ayuda extra que proporciona una S.A. es una ayuda solidaria pero que podría hacer "trabajar" de una manera diferente al árbol, pudiendo variar las frecuencias de movimiento, balanceo y oscilación, creación de otros apoyos, madera de compensación, etc., generando puntos de estrés que supongan más daño del que queremos evitar y que sean potenciales puntos débiles o de rotura. Una vez que se ha instalado una





S.A. se condena al árbol a moverse de una manera distinta, teniendo una respuesta diferente frente a la carga a la que se ve sometido y para la que tendrá que acostumbrarse progresivamente en unos casos o, en otros más extremos, provocar el colapso de parte o la totalidad del mismo.

Se debe tener en cuenta que, en ocasiones, lo más sencillo es conocer el material que vamos a utilizar, poder dimensionarlo y adecuarlo según la carga que va a soportar dependiendo de sus especificaciones técnicas, pero nunca llegaremos a conocer con total exactitud la resistencia ni capacidad de carga de los puntos del árbol donde se van a instalar y si estos pueden aguantar el peso y la sobrecarga que tendrán que aguantar.

En resumen, antes de plantear la realización de una S.A. debemos entender bien a la especie de árbol que estamos tratando, reconocer las propiedades físicas de su madera, cómo responde a las cargas a las que se puede ver sometido, defectos, etc. También es necesario dominar las diferentes técnicas y materiales que existen para realizar esta sustentación y, por último, aplicarlas en los puntos adecuados para que la ayuda que proporciona este tipo de solución sea lo más efectiva posible.

Debemos estar completamente seguros de que la S.A. es una solución eficaz para el problema que nos plantea un determinado ejemplar. Su instalación conlleva una grandísima responsabilidad que debemos asumir en casos donde su instalación sea necesaria.

## 8.1 DESCRIPCIÓN GRÁFICA Y DIMENSIONAL DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

Debido a los problemas potenciales del ejemplar y la estructura que presenta se propone una estabilización a tres niveles:

1. Estabilización estática a nivel de ejes principales (1).

Aproximadamente a unos 9 metros de altura se trataría de consolidar la estructura principal mediante la unión de los ejes principales en los puntos más adecuados según cada uno de ellos, pero evitando diferencias de altura entre ejes en este primer piso de unión si fuese posible. De esta manera afianzaríamos por un lado la estructura principal implicando a todos los ejes a realizar esfuerzos solidarios y más o menos uniformes, y por otro, elevaríamos el centro de masa, acortando de esta manera el momento palanca de los ejes secundarios, lo que también descargaría de tensión acumulada la zona del cuello/raíces.

2. Estabilización de ejes secundarios (2).

Una vez afianzado el primer piso, se procede a realizar la instalación de sustentaciones de la parte más alta mediante la utilización técnicas mixtas de cableados dinámicos y semiestáticos, es lo que se conoce como "punta y stop", es decir, un cable de sustentación se colocaría en la punta para evitar sobrecargas y movimientos indeseados a la vez que sujetaría a la zona terminal de la rama en caso de fractura; y otro cable se instalaría en la base de la rama sustentada casi con la única finalidad de intentar evitar que esta cayese al suelo en caso de fractura. Los puntos de aplicación de estas sustentaciones deben ser verificados en el mismo momento de la colocación.

3. Estabilización del eje principal excéntrico de la cara Norte con metodología tipo DISART®.

Este eje 1 N presenta un abandono de la zona central de la estructura principal. Se observa una eje con creación de un gran cordón de madera de reacción con un enorme peso, alto brazo de palanca y una excentricidad tan acusada que hace que cualquiera de la otras dos

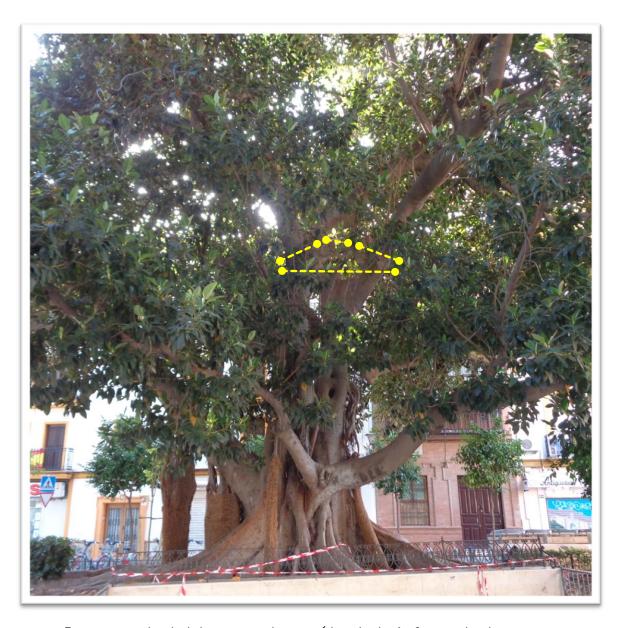




soluciones no sea la adecuada para este elemento estructural, ya que si se produjese la fractura del mismo existiría el riesgo de hacer colapsar a todo el árbol en el caso e estar sustentado parcialmente por otros ejes del mismo árbol, lo que comúnmente se denomina como efecto dominó.

Para ello se debería instalar un apoyo terrestre a modo de puntal o muleta mediante una nueva técnica novedosa de apoyo con amortiguación tipo *DISART®*. De esta manera proporcionaríamos el apoyo y ayuda precisa al eje principal pero sin inmovilizarle con el fin de que siga notando los estímulos necesarios para continuar creando madera de compensación y corregir los defectos que manifiesta sin necesidad de implicar otras partes del árbol. A largo plazo, y cuando se consoliden las raíces aéreas que presenta dicho eje, se podría optar por la retirada de esta ayuda artificial si se cree conveniente.

Para dimensionar esta estructura artificial es necesario realizar análisis de cargas y efectuar un diseño de la geometría de la instalación mucho más concienzudo y preciso.



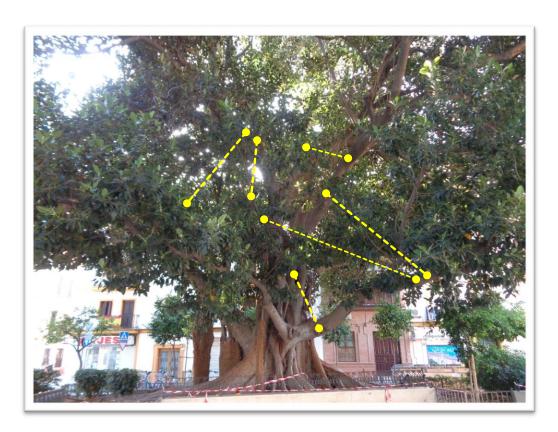
Esquema aproximado de las sustentaciones estáticas de ejes 1 a 8m aproximadamente







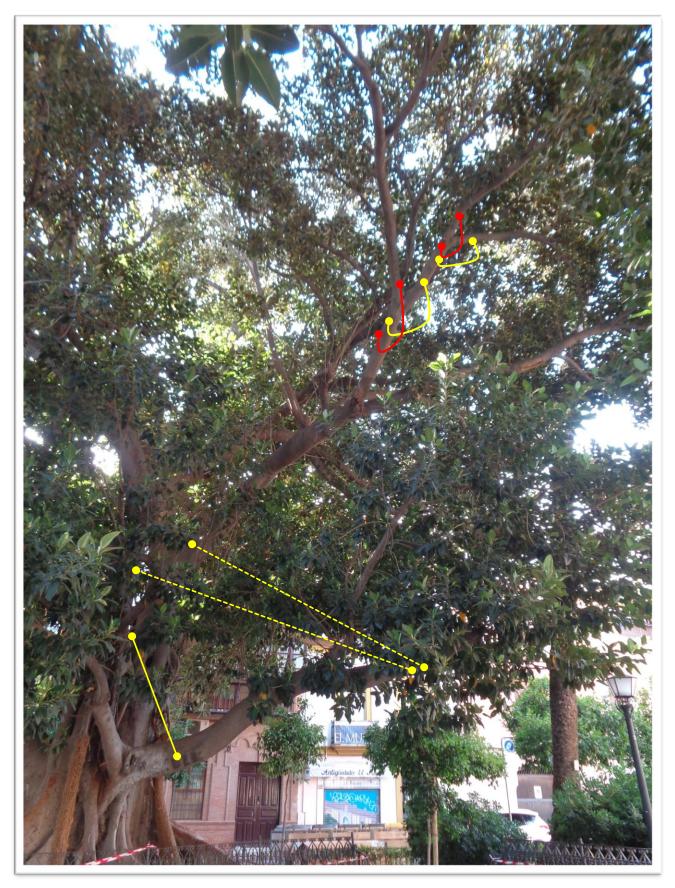
Esquema aproximado del cableado estático del interior de ejes 1



Esquema aproximado se sustentaciones dinámicas en ejes 2 a unos 8/12m de altura







Esquema aproximado de sustentaciones semiestáticas "stop" en ejes 3 a 15m de altura, y eje 1 Oeste con "punta-stop"







Eje Norte con esquema sustentación terrestre DISART® vista desde Oeste y Este (abajo)





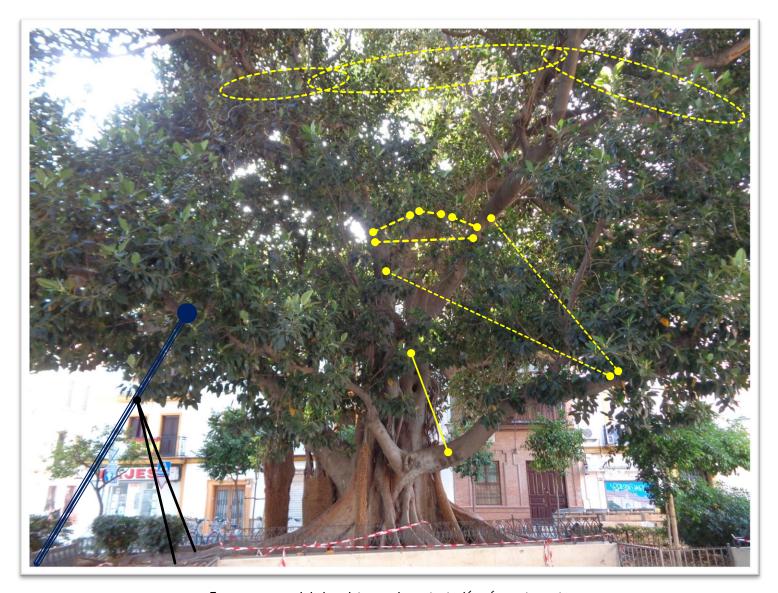


Vista frontal del esquema de apoyo terrestre DISART®





#### PLAZA DEL MUSEO



Esquema general de los sistemas de sustentación aérea y terrestre





#### PLAZA DEL MUSEO



Zona de unión con dispositivo DISART®



Ubicación aproximada de las zapatas





#### 8.2 ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El dimensionamiento económico de las técnicas de sustentación propuestas es una mera estimación aproximada ya que, reflejar un precio exacto en cada uno de los trabajos es casi imposible debido a la estructura tan caótica en zonas altas principalmente, y de tan complicado reconocimiento. En cualquier caso y viendo las opciones que se han tenido en cuenta, se realiza la siguiente valoración económica para cada caso.

1. Dimensionamiento económico de las sustentaciones aéreas.

La siguiente propuesta incluye:

- Dos arbolistas especialistas en instalación de sustentaciones aéreas.
- Un ayudante de tierra.
- Material de sustentación ejes principales.
- Material de sustentación ejes secundarios.
- Plataforma elevadora PEMP.

Se realizaran técnicas de trepa allí donde no sea posible el acceso mediante la maquinaria elevadora.

Teniendo en cuenta lo mencionado y realizando el trabajo en una jornada, el precio estimado estaría en una horquilla entre 2.800 y 3.300€ + IVA.

2. Dimensionamiento económico de las sustentaciones terrestres DISART®.

La siguiente propuesta incluye:

- Dispositivo DISART® según medidas estimadas.
- El personal y la maquinaria que se precisen para la instalación del dispositivo.
- Cálculos técnicos previos para el dimensionamiento ingenieril tanto del dispositivo como de las zapatas donde se instalará.
- Mediciones topográficas para la exacta colocación del dispositivo.
- Realización de las tres zapatas necesarias.
- Supervisión del proyecto por parte de los ingenieros del proyecto.
- Visado de obra del Colegio de ingenieros.

Teniendo en cuenta lo mencionado, el precio estimado estaría en una horquilla entre 5.600 6.100€ + IVA.

A continuación se muestran las medidas y dimensiones en las que se ha basado el cálculo del calibre del *DISART®*.

A == 100 (mm/ancho) x 100 (mm/largo) x 6 (mm/grosor). Capacidad de carga 5 Toneladas.

ID	LONGITUD EJE M	PERÍMETRO EJE M	VOLÚMEN EJE M³	PESO APROX. KG	CARGA AÑDIDA 20%	TOTAL PESO	ZAPATA/TRONCO M	BASE/UNIÓN M	CALIBRE DISART
1	13	2.2	3.75	2.500	500	3.000	6,6	6,3	А
2	17	1.2	5	2.800	560	3.360	7,3	6,5	Α
23	12	2.4	4,5	2.700	540	3.240	9	7,8	А
24	17	2.2	5	3.200	640	3.840	8	6,1	Α
8	19	2.3	6	4.000	800	4.800	8,5	8,4	А
13	13	1.2	2.5	1.700	340	2.040	7	6	А
37	14	1.6	2.1	1.400	280	1.680	9	7,6	А





#### 9. COMENTARIO FINAL

Gran parte del valor de una ciudad es el resultado de determinados factores entre los que destaca la masa vegetal que conforman sus parques, calles y lugares emblemáticos. Las zonas verdes aumentan el valor económico de un lugar y mejoran la calidad de vida de quienes habitan cerca o pasean por ellos, además, cuando estos seres vivos tienen unas características tan especiales e imponentes como ocurre con los Ficus de la ciudad de Sevilla, no solo aumenta el valor económico sino el patrimonial, incalculable en algunos especímenes como pueda ser el valor de una escultura o un cuadro de algún autor destacado.

Bien es cierto que el mantenimiento de tan majestuosos ejemplares ubicados en plazas y calles de Sevilla ocasiona un peaje en cuanto a gestión de su riesgo y al coste económico que su mantenimiento ocasiona, pero que se debería abordar en todo momento.

Independientemente de los beneficios medioambientales que estos impresionantes árboles nos proporcionan, el impacto económico y social sería brutal si se produjera la baja de alguno de ellos. Como ejemplo, sólo habría que visualizar la Plaza de la Encarnación sin la sombra y el desahogo visual y paisajístico que los dos ejemplares de Ficus *microcarpa* nos regalan... Es por ello que deberíamos poner todo lo que esté a nuestro alcance en pos de su mantenimiento, eso sí, en las mejores condiciones posibles, sobre todo de seguridad para las personas y, de esta manera, seguir disfrutando y conviviendo con estos bellos y monumentales seres vivos.





#### 7. CONCLUSIONES GENERALES

- En líneas generales los grandes Ficus inspeccionados se encuentran en aparente buen estado de conservación a nivel fisiológico pero presentan deficiencias biomecánicas destacables en casi todos.
- 2. Se deben realizar evaluaciones con periodicidad semestral por parte de los arbolistas cualificados de la empresa de conservación y mantenimiento de parques y jardines con el objetivo de detectar cualquier anomalía presente, así como alguna inspección de urgencia después de algún EMA.
- 3. Con periodicidad anual se debe realizar un estudio profesional exhaustivo del estado de conservación y actuar en consecuencia.
- 4. Se debería evitar la ubicación de zonas estanciales bajo la copa de estos grandes árboles. Si se limita el acceso bajo las mismas se puede reducir la posibilidad de que el fallo de alguna de sus partes pueda causar algún daño personal, por lo que se insta a la Dirección de Parques y Jardines de Sevilla a que se planteen la eliminación de algunas claras dianas que hay en las plazas como puedan ser algunos bancos.
- 5. Se deben realizar todas las propuestas de actuación descritas de forma individual en los informes de riesgo.
- 6. Las actuaciones de poda deben ser ejecutadas por podadores arbolistas con certificación *European Tree Worker (ETW)* o similar.
- Cualquier actuación de poda debe de estar supervisada por técnicos cualificados y en la medida de los posible certificados y con experiencia en gestión de árboles singulares.
- 8. La especie *Ficus* es susceptible de verse afectada gravemente por golpes de calor en periodos prolongados de sequía, por lo tanto, es imprescindible que se siga realizando un programa de riegos de auxilio a lo largo de todo el año, con especial incidencia en periodo estival. Sólo se aportará agua en la zona radicular y se debe evitar el contacto con los troncos, ramas y contrafuertes del sistema radicular.
- 9. Se debe proporcionar las condiciones adecuadas para el correcto desarrollo y consolidación estructural de las raíces aéreas que los ejemplares están emitiendo. Este proceso sería una garantía de seguridad estructural de todo el conjunto, por lo que debe existir una continuidad de las medidas que ya se han implantado y que, obviamente, hay que mejorar de manera notable con la finalidad de que esta nueva emisión consiga los efectos de apuntalamiento natural que se están persiguiendo desde un principio.
- 10. A pesar de su aparente buen estado de conservación, sobre los ejemplares  $ID_1/2/23/24/13/8/36$ , el presente informe va a recomendar la instalación de puntales artificiales tipo  $DISART^@$  en ejes principales, ya que debido a sus defectos, diana y peculiaridades sería necesario estabilizar dichas estructuras al encontrarse en zonas muy sensibles de proyección sobre varios puntos de las plazas inspeccionadas.
- 11. Sería conveniente, en la medida de lo posible, restringir las zonas estanciales que existen debajo de las copas de estos imponentes ejemplares, sobre todo en episodios meteorológicos adversos, como pueden ser cualquier tipo de alerta meteorológica nivel naranja que emita AEMET.
- 12. Además de las sustentaciones terrestres, sería necesario implementar la instalación de sistemas de sustentación aérea estáticas, dinámicas y semiestáticas en prácticamente todos los ejemplares inspeccionados mediante la técnica de "punta y stop" con el fin de evitar la caída del eje sustentado o ralentizar la misma. Para ello, y debido a la complejidad del dibujo estructural de la copa de estos árboles y del





diseño de dichas disposiciones artificiales propuestas, sería imprescindible contar con la supervisión de un técnico arbolista experto en la materia en el mismo momento de la instalación.

- 13. Se deben de evitar los eventos multitudinarios, tales como conciertos, ferias u otro tipo de actos bajo la copa de estos grandes árboles. El riesgo personal sólo existe si hay diana y estas situaciones aumentan considerablemente la potencialidad del mismo.
- 14. En los ejemplares ubicados en la Plaza de la Encarnación, en los que existe un aumento de la cota de terreno, se debería realizar un plan de acción para volver paulatinamente a la cota original del terreno. Se debería vaciar el sustrato que cubre y asfixia las raíces, esto obliga a migrar al sistema radicular a cotas más altas y a su vez a abandonar raíces ubicadas en zonas más bajas. En estos procesos es probable que se den fracturas de grandes ejes debido a estos cambios sustanciales en la estructura del sistema radicular. Este proceso retornar a la cota original debe de hacerse de forma progresiva y espaciada en el tiempo y debe ser asistido por un arbolista profesional para ofrecer el hábitat idóneo al sistema radicular propio de esta especie y ampliar su capacidad de colonización del espacio resultante.
- 15. En todos los ejemplares de las plazas inspeccionadas se deben mejorar las medidas para mejorar su respuesta fisiológica, tales como los aportes hídricos, aporte de mulch orgánico envejecido, aporte de aminoácidos radiculares y bioestimulantes mezclados con el riego o en inyecciones al sistema radicular. Sería conveniente, además, revisar el estado de algunas zonas de vallado perimetral en los que se han constatado daños provocados por el mismo en raíces en contacto con dichos elementos.

#### 8. RECOMENDACIONES A MEDIO Y A LARGO PLAZO

- Limitación de acceso bajo la copa de todos los ejemplares.
- Revisión de los sistemas de sustentación artificial aéros y terrestres.
- Realización de podas de reducción periódicas para controlar el gran crecimiento de estos árboles.
- Cosolidar las emisiones de raíces aéreas y estimular el crecimento de un mayor número de ellas.
- Redacción de una ordenanza de protección de árboles singulares donde exista un capítulo especial para los grandes Ficus.
- Instalación de carteles informativos individualizados de la especie, datos dendrométricos y demás datos de interés.
- Elaboración de una actividad divulgativa para conocer a esto majestuosos árboles, se podría involucrar a Turismo, a los centros educativos, etc....
- Se deben de potenciar la importancia y simbología de estos grandes árboles, ya que se trata de una parte importante del patrimonio botánico de la ciudad y quizás la más representativa de la misma a nivel nacional. Se trata de un valor a resaltar.





#### 9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Este tipo de trabajos pretende detectar y valorar las estructuras, su estado y su fortaleza, gestionar el riesgo y minimizarlo, pero no es posible eliminarlo completamente. La mera presencia de los árboles comporta cierto nivel de riesgo por la caída del árbol entero o de alguna de sus partes. Se puede afirmar que todos los árboles tienen un determinado riesgo inherente y potencialmente pueden provocar un accidente, aunque afortunadamente no lo hacen.

Los árboles son estructuras muy complejas, frecuentemente alteradas, y expuestas a empujes de viento irregulares. Con este trabajo se ha explorado visualmente los árboles y se han detectado una gran parte de defectos sintomáticos reveladores de pérdidas estructurales u otros síntomas visuales; en cambio algunos defectos difícilmente serán detectados a través de la simple inspección visual.

La inspección instrumental de puntos críticos puede aportar información adicional del estado de la madera, con una precisión que no es posible obtener con la inspección visual. De hecho, en ocasiones se pueden llegar a detectar pérdidas radiculares en un considerable número de árboles, imposibles de apreciar visualmente.

No obstante, incluso cuando las lecturas de la testificación instrumental del interior de un árbol sean correctas a nivel del cuello, esto no implica que el sistema radicular se encuentre en buen estado. Tampoco la exploración completa del sistema radicular es posible en la práctica, a pesar de la existencia de técnicas de georradar. Por tanto, no se puede garantizar por completo la estabilidad actual o futura de los anclajes de los ejemplares.

En el propio proceso de envejecimiento natural del árbol las raíces más profundas, acaban muriendo con lo que el anclaje disminuye de manera importante. En estos casos, este mismo proceso de envejecimiento se detecta por la muerte de los extremos más altos de la copa. En otras ocasiones, las raíces pueden estar en mal estado sin necesidad de aparecer evidencias en copa o tronco (caso de obras realizadas en el entorno del árbol o cambios de pavimento, pudriciones causadas por hongos en zonas fisiológicamente inactivas, etc.) y puede producirse el vuelco del ejemplar sin motivos aparentes.

Una deficiente conformación de raíces (por ejemplo, espiralización o estrangulamientos) o los cortes producidos en las mismas pueden ser el origen del fallo de anclaje del ejemplar.

La caótica y anarquica estructura de su copa, a casi todos los niveles, impide un correcto desarrollo de una propuesta clara y precisa de los sitemas de sustentación artificial aérea de los ejemplares.

No existen, a día de hoy, técnicas capaces de explorar y cuantificar la estática y la solidez de toda la estructura del árbol, copa, tronco y anclaje, y el propio empuje del viento puede llegar a ser caótico, turbulento e imprevisible.

En resumen, abordamos la valoración de riesgo con las metodologías existentes, detectamos las estructuras dañadas y alteradas en grados que consideramos inaceptables y proponemos las actuaciones consiguientes. Con esto, reducimos realmente el nivel de riesgo de la arboleda y corregimos o eliminamos un número muy importante de los árboles peligrosos. Ahora bien, somos conscientes que no podemos detectar el 100 % de los problemas, y de que no es posible eliminar el riesgo completamente, por las razones expuestas.





#### 10. COMENTARIO FINAL

Tecnigral S.L. elabora sus informes desde un punto de vista objetivo, basándose en hechos reales y en su pericia y experiencia profesional, siempre desde una posición neutral.

Tecnigral S.L. no responderá en ningún caso, ni ante el cliente que encarga este informe ni ante terceros, por los extractos, resúmenes o informaciones parciales que se puedan extraer del mismo sin el consentimiento por escrito de Tecnigral S.L.

Todos los textos, fotografías, gráficos y cualquier otro tipo de información contenida en este informe solamente se refieren al objeto del mismo, y no pueden ser transferidos a casos parecidos.

El presente informe tiene un periodo de validez de un año siempre y cuando no se modifiquen las situaciones evaluadas y se realicen las propuestas de actuación descritas de forma individual en cada uno de los informes desarrollados.

A todos los informes que elabora Tecnigral S.L. se aplican los derechos de propiedad intelectual recogidos en la legislación vigente.

#### 11. BIBLIOGRAFÍA

- El arbolado monumental y singular, gestión, conservación y legislación. Ponencias del II Encuentro de árboles monumentales y singulares. Asociación Española de Arboricultura.
- Informes previos de arboricultura sobre los Ficus singulares de Cartagena.
- Evaluación de riesgo de arbolado peligroso. Principios, indicadores y métodos.
   Pedro Calaza Martínez y María Isabel Iglesias Diaz.
- The Body language of Trees. Prof. Dr. Claus Mattheck
- The QTRA method. *Quatified Tree Risk Assesment*. M. Ellison
- VTA Visual Tree Assessment. Visual Inspection according to Prof. Dr. Claus Mattheck
- Best Management Practice, Tree Risk Assessment (Smiley, Matheny y Lilly, 2011)
   (Método ISA),
- Apuntes de raíces y trasplantes. Gerard Passola
- Assessment of Tree Forks. Assessement of Junctions for Tree Management.
   Dr. Duncan Slater.
- Defectos y anomalías del arbolado viario de Madrid. Guía de reconocimiento y diagnóstico. María Sánchez- Blanco Martín-Artajo y Andrés Septién Aceredillo

#### 12. AUTORES

 Mario Gutiérrez Martínez. Técnico especialista en arboricultura. European Tree Technician y European Tree Worker ID 3524. Board Certified Master Arborist y Certified Tree Worker Climber Specialist SP-0009T. QTRA License user.





- Juan Barrero Beltrán. Técnico especialista en arboricultura. Certificado Asociación Española de Arboricultura 43/04. Formador en materias de Arbolado y Seguridad en altura. Profesor del Master de Arboricultura Urbana UCM y creador del Sistema Patentado de Apoyo Terrestre DISART®.
- Carlos Cantero Rodríguez. Grado en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de Madrid. Técnico Superior en Gestión Forestal y del Medio Natural. Actualmente cursando el Máster en Arboricultura Urbana de la UCM.











#### 13. ANEXO DISPOSITIVO DE SUSTENTACIÓN TERRESTRE DISART®

A continuación, expplicaremos los fundamentos técnicos, científicos, biológicos y biomecánicos en los que se basa el Dispositivo de Sustentación Artificial Terrestre, en adelante *DISART®*.











#### **INDICE**

1.	INTI	RODUCCIÓN
2.	CON	MPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
2.	1.	El Puntal tradicional
2.2	2.	El dispositivo DISART
3.	TAB	LAS DE PREDIMENSIONAMIENTO
3.	1.	Puntal Principal
3.2	2.	Zapata del Puntal Principal
3.3	3.	Sección de los vientos
		Contranesos de los tirantes



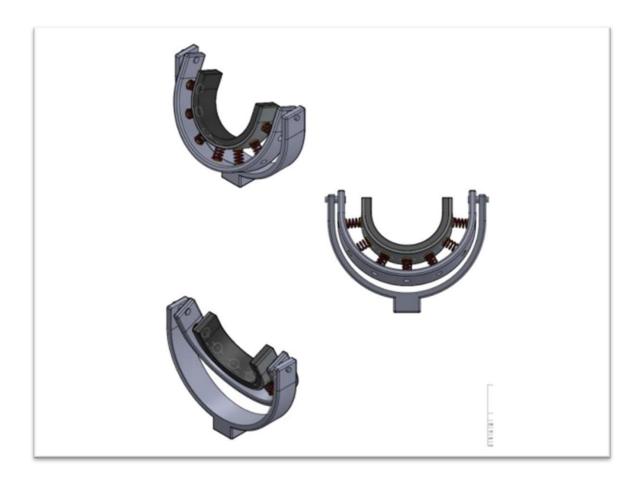
#### 1. INTRODUCCIÓN

El Dispositivo de Sustentación Artificial Terrestre (DISART) es un sistema de apuntalamiento dinámico de ramas y troncos de especies arbóreas que presenten problemas de estabilidad, con riesgo de rotura total o parcial del espécimen.

No se trata de un apuntalamiento rígido tradicional, con los daños que ocasiona a la propia planta que pretende ayudar. Es un apuntalamiento con una sustentación elástica que permite cierto movimiento al ejemplar, facilitando el desarrollo natural del árbol, ayudando a su recuperación sin provocar daños en la zona de contacto.

El alma del dispositivo es la "Cuna de Asentamiento" soportada mediante muelles y con un sistema auto-orientable, lo que hace que siempre mantenga el contacto de forma perpendicular al tronco o rama.

A continuación se puede apreciar el mecanismo de la Cuna de Asentamiento





#### 2. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

El alma del dispositivo es la Cuna de Asentamiento, pero esta parte del DISART es necesario sustentarla mediante una estructura adicional. Las zapatas de cimentación, el puntal o los vientos forman parte de esa estructura adicional.

En los apartados siguientes se va a analizar el funcionamiento de los puntales tradicionales y el del DISART, para poder poner de relieve las diferencias fundamentales de concepto.

#### 2.1. El Puntal tradicional

En el caso de los puntales tradicionales, la cuna está rígidamente unida al soporte y además se apoya, también rígidamente en el árbol haciendo que éste forme parte del sistema estructural. El problema estriba en que la cuna no está fisicamente conectada al árbol, por lo que el apoyo se materializa por rozamiento. Este rozamiento es el que termina por dañar a la planta.

Por otra parte, la cuna no se puede adaptar al movimiento y desarrollo del árbol, ya que es un elemento rígidamente unido al puntal. De esta forma, cuando el árbol se mueve o se desarrolla el apoyo termina siendo en una arista de la cuna, en lugar de apoyar en toda la banda de neopreno.

En el siguiente gráfico se muestra cómo el propio árbol forma parte del sistema estructural, estando traccionado, y cómo las fuerzas se transmiten por rozamiento provocando el indeseable daño.

En una de las imágenes se aprecia cómo el rozamiento ha hecho que la plancha de neopreno haya sido sacada de su posición (el daño todavía no se ha producido, pero se producirá)

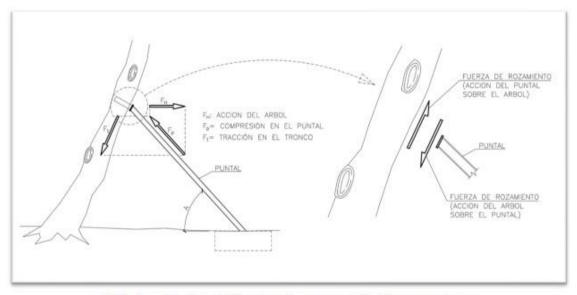


Fig1: Puntal tradicional. Mecanismo de apoyo puntal-árbol por rozamiento.







Fig2: Puntal tradicional. Daño provocado por el rozamiento.



Fig3: Puntal tradicional. Plancha de neopreno expulsada.





#### 2.2. El dispositivo DISART

En el dispositivo DISART, el árbol no forma parte de la estructura de sustentación de la propia cuna. Todo el conjunto es estable incluso SIN la presencia del árbol. La planta no sujeta a la cuna, sino que se apoya en ella.

El "Punto O" indicado en las figuras siguientes (extremo del puntal y base de la cuna) está fijo, y no es necesario que, por rozamiento, el tronco del árbol colabore.

Para fijarlo se puede optar por dos disposiciones. La elección de una u otra dependerá del tamaño del dispositivo a colocar.

Otra de las ventajas de este dispositivo frente al tradicional es que una vez fijo el "Punto O", la Cuna de Asentamiento se ajusta automáticamente a la posición correcta respecto a la zona de apoyo.

#### Caso 1:

El puntal se mantiene en su posición mediante unos soportes llamados puntales de sustentación. Están próximos a la base del puntal y se apoyan en su misma zapata. Las tracciones que se generan cuando el árbol empuja son recogidas por unos vientos (cables) que parten del extremo del puntal y que están anclados en sendos contrapesos de hormigón.

El propio puntal actuando como una ménsula empotrada en su cimentación, gracias a los soportes, es capaz de soportar las flexiones a las que estará sometido por las desviaciones de la acción del árbol. En este caso uno de los cables podría llegar incluso a destensarse.

Estas flexiones aumentan mucho con la longitud del puntal, aumentando también las deformaciones de este, por lo que esta solución se aplicará a casos en los que el conjunto no sea excesivamente grande.

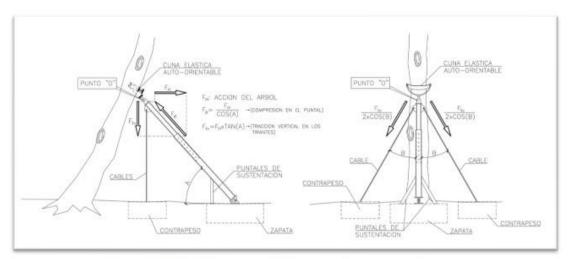


Fig4: DISART. Opción de sustentación con vientos formados por cables





#### Caso 2:

En este caso el "Punto O" se mantiene en su posición gracias a la triangulación conseguida mediante el propio puntal y dos vientos rígidos. Esta vez no se trata de cables sino de tubos estructurales que son capaces soportar las tracciones generadas con el empuje del árbol, pero que también pueden soportar compresiones en el caso de que el empuje se desvíe lateralmente respecto a la dirección del puntal principal.

Aplicamos esta configuración en el caso de estructuras de mayor envergadura ya que es más efectiva a la hora de fijar la posición del "Punto O". En cualquier caso, esta disposición sería la más general, pudiendo aplicarse a cualquier situación.

Esta disposición también es la adecuada cuando la dirección de caída del árbol no está muy clara y pueda haber gran dispersión en planta.

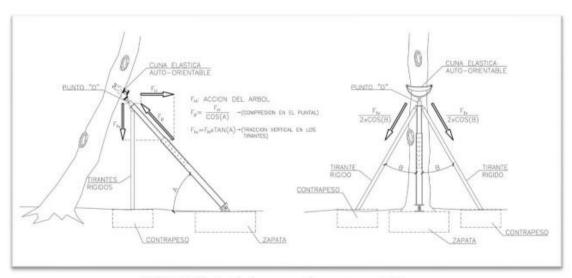


Fig5: DISART. Opción de sustentación con tirantes rígidos



#### 3. TABLAS DE PREDIMENSIONAMIENTO

#### 3.1. Puntal Principal

En las siguientes tablas se muestra qué empuje del árbol (F<sub>Hd</sub>) es capaz de resistir el Puntal Principal de acero, en función de la distancia a la base del árbol y de la altura del punto de sustentación.

Los puntales serán tubos estructurales conformados en frío, de acero EN 10219 S-275-J0H

Sabiendo la magnitud del empuje y las distancias "D" y "H", entraremos en las tablas y seleccionaremos el tubo de acero adecuado.

Observamos que en las tablas hay ciertas celdas con fondo sombreado en rojo. Estas combinaciones de distancia D y altura H no son posibles debido a que el puntal en cuestión es excesivamente esbelto, o que el ángulo con la horizontal "A" es menor que 30° o mayor que 60°. Estos ángulos no se contemplan, salvo justificación especial.

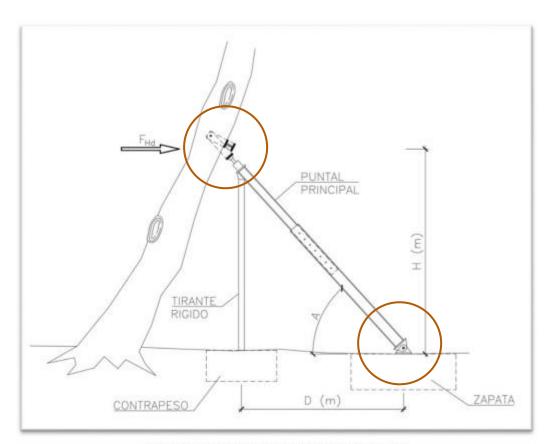


Fig6: Configuración geométrica de la instalación

Observar que la base articulada permite cualquier angulación. La oscilación de la cuna de contacto con el árbol se amolda a la inclinación que tenga, mientras que el eje del puntal transmite la carga siempre en sentido longitudinal para que la transmisión de fuerzas sea en dirección a la zapata





# A continuación presentamos un extracto de los cálculos para cada una de las partes del *DISART®*.

#### Tubo 100x100x8

	3							^			Al	tura de	instala	ción H(	m)										
(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.0
.00	440.1	374.5	318.2			196.5					90.4														16:
.25	468.1	408.9		306.4	264.1	227.3																			20.
.50	477.3	425.5	375.5	329.1	287.0	249.5	216.4			140.8									46.4						23
.75		428.9		340.8	300.5	263.7	230.6		175.6											44.9	40.4				27
.00		422.5	382.7	343.4	305.8	270.8	238.9	210.2	184.7	162.3											44.7		36.7	33.4	30
.25			374.2	339.0	304.7	272.2	242.1	214.7	190.0	168.1	148.7	131.7													33
.50			360.6	329.5	298.6	269.0	241.2	215.5	192.2	171.2	152.4	135.8	121.1	108.1	96.7										35
.75				316.4	289.0	262.4	237.1	213.5	191.7	171.9	154.1	138.1	123.8	111.1	99.9	89.9			66.4					41.7	38
.00				301.1	277.0	253.4	230.6	209.1	189.1	170.7	154.0	138.8	125.2	112.9	102.0	92.2	83.5							43.8	44
25					263.7	242.8	222.5	203.2	185.0	168.1	152.5	138.3	125.4	113.7	103.2	93.7	85.2	77.6				54.1			.60
50				267.8		231.3	213.4	196.1	179.7	164.2	149.9	136.7	124.6	113.5	103.5	94.4	86.2	78.8						47.2	143
75					235.4	219.5	203.7	188.3	173.5	159.6	146.4	134.3	123.0	112.6	103.1	94.5	86.6						52.4	45.4	144
00							193.7	180.1	166.9	154.3	142.4	131.2	120.8	111.1	102.2	94.0			73.4					49.4	4/
25						196.0	183.8	171.8	160.0	148.7	137.9	127.6	118.0	109.1	100.8										48
.50								163.5	153.0		133.1			106.7	99.0								54.4		- 0
75							164.7	155.4	146.0	137.0	128.1	119.7	111.6		96.9	90.1							54.8		A.
00								147.5	139.2	131.1	123.1	115.5					82.4					58.4			47
25					181 4					125.3	118.2		104.5										54.4		47
50				157.4																					(A)
75										1.14.2											80.4			50.4	47
00									114.8							79.4								49.9	
25											99.4								85.4		58.4			49.3	146
50																							51.4	48.7	4
75																								48.0	1
00					106.4																			47.2	

#### Tubo 120x120x8

Fuerza horizontal Resistente Frd (kN)

	100		10 10					200		100	Al	tura de	instala	ción H(	m)		D 99		90 900		2			57 83	0
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	570.5	490.1	421.6					208.4			140.0			95.4	84.4	74.8				47.5	42.8		34.9		
1.25	612.7	540.5	474.6	416.1	364.9							147.9					81.0		64.8		52.4	47.4	42.9		
1.50	632.4	569.5	508.9	452.7	401.5	355.6	314.5				191.8				118.4						61.4		50.4	45.8	418
1.75	636.7	582.6	528.1	475.6	426.4	381.0	339.5	302.0	268.4							118.4	106.0						57.4		47.7
2.00	630.3	583.8	535.4	487.3	441.0	397.2	356.6	319.2	285.3	254.6	227 1								94.4			70.2			
2.25	616.3		533.4	489.8	446.9	405.6	366.6	330.2	296.8	266.3	238.7	214.0													
2.50	596.7		524.2	485.0	445.7	407.3	370.5	335.8	303.5	273.8	246.7	222.1	200.0	180.2	162 4	146.6					90.0				
2.75	573.1			474.6	438.9	403.6	369.3	336.7	306.0	277.5	251.3	227.4	205.7	186.1	168.4	152.6	138.4								
3.00	548.8			460.0	427.9	395.7	364.2	333.8	305.1	278.1	253.1	230.1	209.1	190.0	172.7	157.0	143.0				99.4			76.8	
3.25	518 B			442.5	413.7	384.7	355.9	328.0	301.3	276.1	252.5	230.7	210.6	192.1	175.3	160.1	146.2	133.7	122.4			94.5			
3.50	489.9	470.1	447.5	423.1		371.4	345.3	319.9	295.3	271.9	249.9	229.4	210.3	192.7	176.6	161.8	148.4	136.1	125.0	114.9	105.7	97.4	89.8	82.9	
3.75	461.1	443.8	424.1	402.6		356.6	333.2	310.1	287.7	266.2	245.7	226.6	208.6	192.0	176.6	162.5	149.5	137.6	126.8	116.8	107.8	99.6			
4.00	432.9	417.9	400.6	381.8			320.0	299.2	278.8	259.1	240.3	222.5	205.8	190.2	175.6	162.1	149.7	138.3	127.8	118.1	109.3	101.2	93.8		80.8
4.25	405.6				343.4		306.3	287.6	269.2	251.3	234.0	217.6	202.0	187.4	173.7	161.0	149.2	138.2	128.1	118.8	110.2	102.3	95.1	88.4	
4.50	379.7				325.3		292.4	275.6	259.0	242.8	227.0	211.9	197.6	184.0	171.2	159.2	148.0	137.5	127.9	118.9	110.6	103.0		89.4	
4.75	355.3			321.4		293.4		263.6	248.7	234.0	219.6	205.8	192.6	179.9	168.0	156.8	146.2	136.3	127.1	118.5	110.6		96.3	90.0	
5.00	332 4		314.0		290.9				238.3	225.0	212.0	199.3	187.2	175.5	164.4	153.9	144.0	134.7	125.9	117.7			96.4	90.2	84.5
5.25	3112			285.4	274.8					216.0	204.2	192.7	181.5	170.7	160.5	150.7	141.4	132.6	124.4	116.6			96.2	90.2	84.7
5.50	291.5									207.1	196.4	185.9	175.7	165.8	156.3	147.2	138.5	130.3	122.5						
5.75	273.3							217.8		198.4	188.7	179.2	169.8	160.7	151.9	143.5	135.4	127.7	120.4					89.4	
6.00	258.6		245.8			224.1		207.4			181.2	172.5	163.9	155.6	147.5	139.7									83.7
6.25	241.1			225.8	219.4	212.4				181.8	173.8	165.9	158.1	150.5	143.0	135.8									
6.50	226.8						194.9			173.9			152.4	145.4									91.4		
6.75	213.7		206.3		196.7					166.4				140.4					110.4			94.8			81.2
7.00	2016												141.4												

#### Tubo 140x140x8

Fuerza horizontal Resistente Frd (kN

											Al	tura de	instala	ción H(	m)										
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	700.5	605.2	524.1						242.9		192.4						98.8			72.4					
1.25	756.6	671.1	593.3	524.5	464.4	411.9	366.1				231 9	207.4							98.1		80.4				
1.50	786.2	712.0	640.7	574.7	514.7	460.9	412.8		331.4		266.4		214.6				140.6		114.8		94.4			71.4	
1.75	798.0	734.4	670.4	608.9	551.3	498.0	449.3	405.0	364.9		295.8				194.7			143.6		118.0		97.8			747
2.00	797.6	743.0	686.3	630.0	575.7	524.3	476.4	432.0	391.2	353.9	319.9												99.4		83.5
2.25	788.5	741.5	691.4	640.3	589.9	541.2	494.9	451.3	410.8	373.3	338.8	307.2						171.4							
2.50			688.0	641.9	595.5	549.8	505.8	463.7	424.1	387.2	352.8	321.2	292.3	265.8	241.8									107.4	
2.75			678.0	636.5	594.0	551.6	510.1	470.1	432.0	396.0	362.4	331.2	302.5	276.0	251.9	229.9	210.0							114.4	
3.00	728.7			625.5	586.8	547.7	509.0	471.2	435.0	400.5	368.0	337.6	309.4	283.4	259.5	237.6	217.6	199.4			154.3				
3.25	702 0	674.7		810.2	575.0	539.2	503.3	468.0	433.8	401.1	370.0	340.8	313.5	288.1	264.7	243.2	223.4	205.3	188.8	173.8					
3.50	673.4				559.8	527.0	494.0	461.3	429.3	398.5	369.0	341.2	315.0	290.5	267.8	246.8	227.5	209.7	193.4	178.4	164.8				120
3.75	643.5			570.6		512.1	481.8	451.7	422.0	393.2	365.5	339.2	314.3	290.9	269.1	248.8	230.0	212.6	196.6	181.9	168.4	156.0			
4.00	612.9					495.2	467.6	439.9	412.6	385.8	360.0	335.2	311.7	289.5		249.2	231.1	214.3	198.7	184.3	171.1	158.9	147.6	137.3	127
4.25	582.3					476.9	451.9	426.6	401.5	376.8	352.8	329.7	307.6	286.7	266.9	248.4	231.0	214.8	199.8	185.8	172.9	160.9	149.9	139.7	130.
4.50	652.0						436.2	412.2	389.2	366.5	344.4	322.9	302.3	282.6	264.0	246.4	229.8	214.3	199.9	186.4	173.8	162.2	151.4	141.4	132
4.75	522.4			476.8		438.5		397.2	376.2	355.4	335.0	315.1	296.0	277.6	260.1	243.4	227.7	213.0	199.1	186.2	174.1	162.8	152.3	142.6	133.
5.00				453.4	436.8	419.1		381.8	362.7	343.7	325.0	306.7	288.9	271.8	255.4	239.7	224.9	210.9	197.7	185.3	173.7	162.8	152.7	143.2	134.
5.25	466.0			430.7			383.4		348.0	331.7	314.5	297.7	281.2	265.3	250.0	235.4	221.5	208.2	195.7	183.9	172.7	162.3	152.5	143.3	134.
5.50	440.7	431.6					366.4			319.6	303.9	288.4	273.2	258.5	244.3	230.6	217.5	205.0	193.1	181.9	171.3	161.3	151.9	143.0	134
5.75	416.2	408.2		387.9						307.5	293.1	279.0	265.0	251.4	238.1	225.4	213.1	201.4	190.2	179.5	169.4	159.9	150.9	142.4	134.
6.00					357.4			321.4			282.5	269.5	256.6	244.0	231.8	219.9	208.4	197.4	186.9	176.8	167.2	158.1	149.5	141.4	133
6.25											271.9	260.0	248.2	236.6	225.3	214.2	203.5	193.2	183.3	173.8	164.7	156.1	147.9	140.1	132
6.50	351.4			331.4								250.7	239.9	229.2		208.4	198.5	188.8	179.5	170.6	162.0	153.8	146.0	138.5	131
6.75	332.5			314.7		298.8	290 1						231.7	221.8	212.1	202.6	193.3	184.3	175.5	167.1	159.0	151.3	143.9	136.8	130
7.00	314.0				292.1	284.7	276.8		250 B	260.9	241.9		223 B			196.7	188.1	179.7		163.6	156.0	148 B			128





#### 3.2. Zapata del Puntal Principal

En las siguientes tablas se indica el lado mínimo que debe tener una zapata cuadrada para transmitir unas tensiones admisibles al terreno, en función de la Fuerza Horizontal y de la disposición geométrica del puntal.

En estas tablas se ha considerado un canto de zapata de 0.50m y una tensión admisible del terreno de  $\sigma_{adm}$ =  $1.50 \text{ kp/cm}^2$ . Se trata por tanto de unas tablas orientativas y en caso de variar los datos de partida será necesario realizar un cálculo ajustado a las nuevas condiciones.

Las celdas sombreadas en rojo corresponden a disposiciones del puntal principal en las que el ángulo que éste forma con la horizontal es menor de 30° o mayor de 60°. Estas disposiciones no se consideran apropiadas en principio, salvo justificación.

#### Empuje horizontal F<sub>H</sub>= 30.0 kN

											Alt	ura de	instala	ción H(r	n)	374 17		25 2				7.0			
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	1.20	1.05	1.00																						
1.25	1.40	1.20	1.10	1.00	1.00	0.95		0.95					1.00												
1.50	1.60	1.35	1.20	1.10	1.05	1.00	0.95	0.95																	
1.75		1.50	1.30	1.20	1.10	1.05	1.00	1.00	0.95									1.00		1.00					
2.00		1.70	1.45	1.30	1.20	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00													1.00		
2.25	2.30		1.60	1.40	1.30	1.20	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00	0.95											1.00		
2.50			1.75	1.55	1.40	1.25	1.20	1.10	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00	0.95							0.95				
2.75			1,90	1.65	1.50	1.35	1.25	1.20	1.15	1.10	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95					0.95				
3.00	3.00	2.45		1.80	1.60	1.45	1.35	1.25	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95							
3.25					1.70	1.55	1.40	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95						
3.50					1.80	1.65	1.50	1.40	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95				
3.75						1.75	1.60	1.45	1.40	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95			
4.00	4.00						1.70	1.55	1.45	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	
4.25	4.25	3.40					1.75	1.65	1.50	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.50	4.50							1.70	1.60	1.50	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00	1.00
4.75	4.75							1.80	1.65	1.55	1.45	1.40	1.35	1.25	1.20	1.20	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05	1.00	1.00	1.00
5.00	5:00	4.90						1.90	1.75	1.65	1.55	1.45	1.40	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.10	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05	1.00
5.25		4.28						1.95		1.70	1.60	1.50	1.45	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05
5.50		4.40								1.75	1.65	1.55	1.50	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.10	1.10	1.05	1.05
5.75		4.60									1.70	1.60	1.55	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.10	1.10	1.05
6.00	6:00		4.00								1.80	1.70	1.60	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.10	1.10
6.25												1.75	1.65	1.55	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.10
6.50			4.35										1.70	1.60	1.55	1.50	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15
6.75		5.40											1.75	1.65	1.60	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15
7.00			4.70	4.00									1.80	1.70	1.65	1.55	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.25	1.20	1.20

#### Empuje horizontal F<sub>H</sub>= 50.0 kN

- 3											Alt	ura de	instala	ción H(I	m)										
0(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	1.30	1.20	1.15			1,15									1.40		1.45								1.6
1.25	1.45	1.30	1.20	1.15	1.15														1.40	1.40		1,45	1.45		
1.50	1.65	1.40	1.30	1.20	1.15	1.15	1.15													1.30			1.40	1.40	
1.75		1.55	1.40	1.30	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15											1.25					
2.00		1.75	1.50	1.35	1.30	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15															1.3
2.25		1.90	1.65	1.50	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15													
2.50			1.80	1.60	1.45	1.35	1.30	1.25	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15											
2.75				1.70	1.55	1.45	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15									
3.00				1.85	1.65	1.50	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15							
.25					1.75	1.60	1.50	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15						
.50			2.40			1.70	1.55	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15				
3.75			2.55	2.29		1.80	1.65	1.55	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15			
.00	4.00						1.75	1.60	1.50	1.45	1.35	1.30	1.30	1.25	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.
.25	4.25		2.90				1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.
.50	4.50						1.90	1.75	1.65	1.55	1.50	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.15	1.
.75	4.75							1.85	1.70	1.60	1.55	1.45	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.15	1.
5.00		4.00						1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.20	1.20	1.20	1.15	1.15	1.
. 25		4 20						2.00		1 75	1 65	1 55	1.50	1 45	1 40	1.35	1 30	1.30	1 25	1 25	1 20	1 20	1 20	1 20	1
5.50		4.40								1.80	1.70	1.00	1.55	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.20	1.20	1.20	1.3
.75		4.60								1.90	1.75	1.65	1.60	1.55	1.45	1.40	1.40	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.20	1.20	1.3
.00		4.80	4.00				2.45				1.85	1.75	1.65	1.60	1.50	1.45	1.40	1.35	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.20	1.3
.25			4.20							2.00		1.80	1.70	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.35	1.35	1.30	1.30	1.25	1.25	1.2
.50			4.35					2.45				1.85	1.75	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.35	1.35	1.30	1.30	1.25	1.3
.75			4.50	3.90		3.05						1.90	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.35	1.35	1.30	1.30	1.3
.00			4.70			3.15				2.25			1.85	1.75	1.70	1.65	1.55	1.50	1.45	1.45	1.40	1.35	1.35	1.30	1.3



#### 3.3. Sección de los vientos

En las siguientes tablas se muestra para un empuje del árbol (F<sub>Hd</sub>) determinado qué sección mínima de acero deben tener los vientos, en función de la distancia a la base del árbol y de la altura del punto de sustentación. Las tablas están calculadas para una configuración en la que los vientos forman un ángulo "B" con la vertical de 30°.

En los resultados se ha tenido en cuenta que la Fuerza Horizontal que el árbol ejerce sobre el dispositivo puede desviarse lateralmente. Esto provoca un incremento en la tracción sobre uno de los vientos y descarga el contrario.

Los vientos serán tubos estructurales conformados en frío, de acero EN 10219 S-275-J0H

Las celdas sombreadas en rojo corresponden a disposiciones del puntal principal en las que el ángulo que éste forma con la horizontal es menor de 30° o mayor de 60°. Estas disposiciones no se consideran apropiadas en principio, salvo justificación.

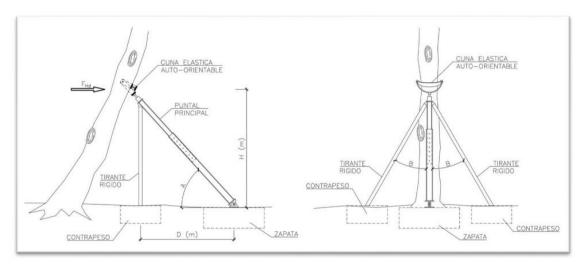


Fig7: Configuración geométrica de la instalación

	100					- 50	177				Alt	ura de	instala	ción H(	n)										
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	0.73	0.96	1.19	1.42								3.14					4.12	4.32	4,51	4.70					
1.25	0.55	0.73	0.91	1.10	1.28																	4.12	4.28	4.43	
1.50	0.44	0.58	0.73	0.88	1.04	1.19	1.34			1.80			2.24			2.66					3.34		3.60		3.86
1.75	0.36	0.48	0.60	0.73	0.86	0.99	1.12	1.26	1.39			1.78	1.90			2 28	2.40		2.84		2.87				
2.00	0.30	0.40	0.51	0.61	0.73	0.84	0.96	1.07	1.19	1.31	1.42	1.54				1.98				2.41					
2.25			0.44	0.53	0.63	0.73	0.83	0.93	1.04	1.14	1.24	1.34									2.24				
2.50			0.38	0.46	0.55	0.64	0.73	0.82	0.91	1.00	1.10	1.19	1.28	1.38	1.47			1.74							
2.75			0.34	0.41	0.49	0.56	0.65	0.73	0.81	0.89	0.98	1.06	1.15	1.23	1.32	1.40	1.48								
3.00				0.37	0.44	0.51	0.58	0.65	0.73	0.80	0.88	0.96	1.04	1.11	1.19	1.27	1.34								
3.25					0.39	0.46	0.52	0.59	0.66	0.73	0.80	0.87	0.94	1.01	1.08	1 15	1 23	1.30	1 37	1.44	1.51			1.72	1.79
3.50						0.42	0.48	0.54	0.60	0.66	0.73	0.79	0.86	0.92	0.99	1.06	1.12	1.19	1.26	1.32	1.39				
3.75	0.14	0.18				0.38	0.44	0.49	0.55	0.61	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91	0.97	1.04	1.10	1.16	1.22	1.28	1.34	1.41	1.47	
4.00							0.40	0.45	0.51	0.56	0.61	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.96	1.02	1.07	1.13	1.19	1.25	1.31	1.36	1.42
4.25				0.24			0.37	0.42	0.47	0.52	0.57	0.62	0.67	0.73	0.78	0.84	0.89	0.94	1.00	1.05	1.11	1.16	1.22	1.27	1.33
4.50								0.39	0.44	0.48	0.53	0.58	0.63	0.68	0.73	0.78	0.83	0.88	0.93	0.98	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24
4.75		0:14			0.24			0.36	0.41	0.45	0.49	0.54	0.59	0.63	0.68	0.73	0.78	0.82	0.87	0.92	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17
5.00								0.34	0.38	0.42	0.46	0.51	0.55	0.59	0.64	0.68	0.73	0.77	0.82	0.86	0.91	0.96	1.00	1.05	1.10
5.25				0.18						0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	0.99	1.04
5.50			0.14			0.24		0.30	0.34	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.56	0.60	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.94	0.98
5.75			0.14								0.39	0.42	0.46	0.50	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93
6.00											0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.54	0.58	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.80	0.84	0.88
6.25											0.35	0.38	0.41	0.45	0.48	0.51	0.55	0.58	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76	0.80	0.84
6.50				0.14								0.38	0.39	0.42	0.46	0.49	0.52	0.56	0.59	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76	0.80
6.75				0.14									0.37	0.40	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.59	0.63	0.66	0.69	0.73	0.76
7.00	0.07												0.36	0.39	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.63	0.66	0.69	0.73



#### Empuje horizontal F<sub>Hd</sub>= 40.0 kN Sección transversal mínima de los vientos (cm²) Reta= 30°

1											Alt	tura de	instala	ción H(r	n)										
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	1.45	1.92	2.38	2.84	3.30	3.75	4.18	4.62	5.04	5.46	5.87	6.27	6.67	7.07	7:47	7.86	8.25	8.63	9.02	9.40	9.78	10.16	10.54	10.92	11:30
1.25	1.10	1.45	1.82	2.19	2.57	2.93		3.66	4.01	4.36	4.70	5.04									7.94	8.25	8.56		
1.50	0.87	1.16	1.45	1.76	2.07	2.38	2.69	3.00				4.18	4.47	4.76	5.04				6.14	6.41		6.94		7.47	
1.75		0.95	1.20	1.45	1.72	1.98	2.25	2.51	2.78	3.04		3.56		4.06	4.31	4.55	4.80	5.04				5.98		6.44	
2.00		0.80	1.01	1.23	1.45	1.68	1.92	2.15	2.38	2.61	2.84						4.18	4.40	4.62		5.04		5.46		
2.25			0.87	1.06	1.25	1.45	1.66	1.86	2.07	2.28	2.48	2.69							4:09	4.28	4.47	4.66	4.85		
2.50			0.76	0.93	1.10	1.27	1.45	1.64	1.82	2.01	2.19	2.38	2.57	2.75							4.01	4.18	4.36	4.53	4.70
2.75				0.82	0.97	1.13	1.29	1.45	1.62	1.79	1.96	2.13	2.30	2.47	2.63	2.80									
3.00		0.48		0.74	0.87	1.01	1.16	1.30	1.45	1.61	1.76	1.92	2.07	2.23	2.38	2.54	2.69								
3.25		0.44			0.79	0.91	1.04	1.18	1.32	1.45	1.60	1.74	1.88	2.02	2.17	2.31	2.45	2.59	2.74				3:30		
3.50	0.30	0.40				0.83	0.95	1.07	1.20	1.33	1.45	1.59	1.72	1.85	1.98	2.11	2.25	2.38	2.51	2.65	2.78		3.04		
3.75			0.46			0.76	0.87	0.98	1.10	1.21	1.33	1.45	1.58	1.70	1.82	1.95	2.07	2.19	2.32	2.44	2.57	2.69			3.06
4.00			0.42				0.80	0.91	1.01	1.12	1.23	1.34	1.45	1.57	1.68	1.80	1.92	2.03	2.15	2.26	2.38	2.50	2.61	2.73	2.84
4.25				0.47			0.74	0.84	0.94	1.04	1.14	1.24	1.35	1.45	1.56	1.67	1.78	1.89	2.00	2.11	2.22	2.33	2.44	2.54	2.65
4.50				0.44				0.78	0.87	0.96	1.06	1.16	1.25	1.35	1.45	1.56	1.66	1.76	1.86	1.97	2.07	2.17	2.28	2.38	2.48
4.75		0.28	0.34	0.41	0.49			0.73	0.81	0.90	0.99	1.08	1.17	1.26	1.36	1.45	1.55	1.65	1.74	1.84	1.94	2.04	2.14	2.23	2.33
5.00									0.76	0.84	0.93	1.01	1.10	1.19	1.27	1.36	1.45	1.55	1.64	1.73	1.82	1.92	2.01	2.10	2.19
5.25										0.79	0.87	0.95	1.03	1.11	1.20	1.28	1.37	1.45	1.54	1.63	1.72	1.80	1.89	1.98	2.07
5.50	0.18			0.35			0.54	0.61	0.68	0.75	0.82	0.90	0.97	1.05	1.13	1.21	1.29	1.37	1.45	1.54	1.62	1.70	1.79	1.87	1.96
5.75											0.78	0.85	0.92	0.99	1.07	1.14	1.22	1.30	1.38	1.45	1.53	1.61	1.69	1.77	1.85
6.00											0.74	0.80	0.87	0.94	1.01	1.08	1.16	1.23	1.30	1.38	1.45	1.53	1.61	1.68	1.76
6.25										0.64		0.76	0.83	0.89	0.96	1.03	1.10	1.17	1.24	1.31	1.38	1.45	1.53	1.60	1.67
6.50			0.24	0.28		0.38	0.44						0.79	0.85	0.91	0.98	1.04	1.11	1.18	1.25	1.32	1.38	1.45	1.52	1.60
6.75	0.14	0.18					0.42			0.58			0.75	0.81	0.87	0.93	1.00	1.06	1.12	1.19	1.25	1.32	1.39	1.45	1.52
7.00	0.14	0.18					0.40							0.77	0.83	0.89	0.95	1.01	1.07	1.14	1.20	1.26	1.33	1.39	1.45

#### Empuje horizontal F<sub>Hd</sub>= 50.0 kN

											Alt	ura de	instala	ción H(r	m)										
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	1.82	2.39	2.98		4.12	4.68						7.84	8.34	8.84											14.1
1.25	1.37	1.82	2.28	2.74	3.21	3.67	4.12	4.57		5.45					7.54	7.94	8.34	8.74	9.14						11.4
1.50	1.09	1.45	1.82	2.20	2.59	2.98	3.36	3.74	4.12	4.50	4.87									8.01	8.34				
1.75		1.19	1.50	1.82	2.15	2.48	2.81	3.14	3.47		4.12	4.44	4.76									7.48			
2.00		1.00	1.26	1.54	1.82	2.10	2.39	2.68	2.98	3.27			4.12	4.40	4.68	4.96								7.08	
2.25		0.86	1.09	1.32	1.57	1.82	2.07	2.33	2.59	2.85	3.10	3.36			4.12	4.37	4.62					5.83	6.06		
2.50			0.95	1.16	1.37	1.59	1.82	2.05	2.28	2.51	2.74	2.98	3.21	3.44			4.12	4.35	4.57	4.79			5.45		
2.75				1.03	1.22	1.41	1.61	1.82	2.03	2.24	2.45	2.66	2.87	3.08	3.29	3.50			4.12	4.33	4.53	4.73	4.93		
3.00	0.46			0.92	1.09	1.26	1.45	1.63	1.82	2.01	2.20	2.39	2.59	2.78	2.98	3.17	3.36		3.74		4.12	4.31	4.50	4.68	4.8
3.25	0.42			0.83	0.98	1.14	1.31	1.47	1.64	1.82	1.99	2.17	2.35	2.53	2.71	2.89	3.07	3.24	3.42				4.12	4.30	4.2
3.50					0.90	1.04	1.19	1.34	1.50	1.66	1.82	1.98	2.15	2.31	2.48	2.64	2.81	2.98	3.14	3.31	3.47				4.1
3.75		0.46				0.95	1.09	1.23	1.37	1.52	1.67	1.82	1.97	2.12	2.28	2.43	2.59	2.74	2.90	3.05	3.21	3.36			3.8
4.00	0.32	0.42	0.53	0.64		0.88	1.00	1.13	1.26	1.40	1.54	1.68	1.82	1.96	2.10	2.25	2.39	2.54	2.68	2.83	2.98	3.12	3.27	3.41	3.5
4.25				0.59			0.93	1.05	1.17	1.30	1.42	1.55	1.69	1.82	1.95	2.09	2.22	2.36	2.50	2.63	2.77	2.91	3.04	3.18	3.3
4.50								0.97	1.09	1.21	1.32	1.45	1.57	1.69	1.82	1.94	2.07	2.20	2.33	2.46	2.59	2.72	2.85	2.98	3.1
4.75		0.34					0.81	0.91	1.02	1.13	1.24	1.35	1.46	1.58	1.70	1.82	1.94	2.06	2.18	2.30	2.42	2.55	2.67	2.79	2.9
5.00			0.40						0.95	1.05	1.16	1.26	1.37	1.48	1.59	1.70	1.82	1.93	2.05	2.16	2.28	2.39	2.51	2.63	2.7
5.25	0.24								0.90	0.99	1.09	1.19	1.29	1.39	1.50	1.60	1.71	1.82	1.93	2.04	2.15	2.26	2.37	2.48	2.5
5.50										0.93	1.03	1.12	1.22	1.31	1.41	1.51	1.61	1.72	1.82	1.92	2.03	2.13	2.24	2.34	2.4
5.75				0:41							0.97	1.06	1.15	1.24	1.33	1.43	1.53	1.62	1.72	1.82	1.92	2.02	2.12	2.22	2.3
6.00											0.92	1.00	1.09	1.18	1.26	1.35	1.45	1.54	1.63	1.72	1.82	1.91	2.01	2.10	2.2
6.25					0.44			0.64			0.87	0.95	1.03	1.12	1.20	1.29	1.37	1.46	1.55	1.64	1.73	1.82	1.91	2.00	2.0
6.50		0.24	0.30										0.98	1.06	1.14	1.22	1.31	1.39	1.47	1.56	1.64	1.73	1.82	1.91	1.9
6.75													0.94	1.01	1.09	1.17	1.24	1.32	1.40	1.49	1.57	1.65	1.73	1.82	1.9
.00													0.90	0.97	1.04	1.11	1.19	1.26	1.34	1.42	1.50	1.58	1.66	1.74	1.8

#### 3.4. Contrapesos de los tirantes

En las siguientes tablas se muestra el volumen de hormigón que es necesario disponer para anclar los vientos. Los vientos son tirantes que están traccionados y es necesario que haya un contrapeso que los sujete.

En los resultados se ha tenido en cuenta que la Fuerza Horizontal que el árbol ejerce sobre el dispositivo puede desviarse lateralmente. Esto provoca un incremento en la tracción sobre uno de los vientos y descarga el contrario.

Las celdas sombreadas en rojo corresponden a disposiciones del puntal principal en las que el ángulo que éste forma con la horizontal es menor de 30° o mayor de 60°. Estas disposiciones no se consideran apropiadas en principio, salvo justificación.





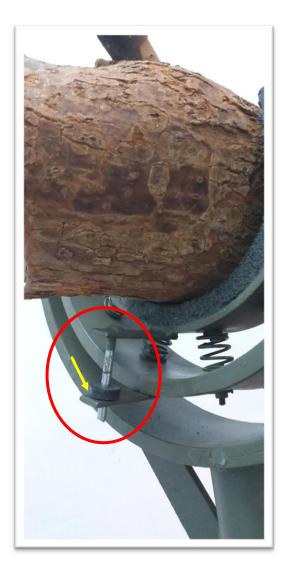
5.00		orizo		nte (m3	20.0	kN		Deter	200																
Onur	ipeso	ue cau	a i irai	ite (iii)	0)			Beta=	30°		ΔΙ	hura do	inetala	ción H(ı	m)										
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.0
1.00	0.69	0.91	1.13	1.35	1.57	1.78	1.99	2.20	2.40	2.60	2.79	2 99	3.18	3.37	3.56	3.74	3.93	4 11	4.30	4 48	4.66	4 84	5.02	5.20	5.3
1.25	0.52	0.69	0.87	1.05	1.22	1.40		1.74			2 24		2.56			3 03	3 18	3.33					4.08	4.22	4
1.50	0.41	0.55	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.43							2.40				2.92		3.18				
.75	0.34	0.45	0.57	0.69	0.82	0.94	1.07	1.20	1.32	1.45											2.74		2.96		
2.00		0.38	0.48	0.59	0.69	0.80	0.91	1.02	1.13	1.24	1.35														
.25		0.33	0.41	0.50	0.60	0.69	0.79	0.89	0.99	1.08	1.18	1.28	1.38	1.48						2.04				2.40	
.50			0.36	0.44	0.52	0.61	0.69	0.78	0.87	0.96	1.05	1.13	1.22	1.31	1.40			1.66	1.74	1.83					
.75				0.39	0.46	0.54	0.61	0.69	0.77	0.85	0.93	1.01	1.09	1.17	1.25	1.33								1.96	
.00				0.35	0.41	0.48	0.55	0.62	0.69	0.77	0.84	0.91	0.99	1.06	1.13	1.21	1.28		1.43	1.50		1.64			
.25					0.37	0.44	0.50	0.56	0.63	0.69	0.76	0.83	0.90	0.96	1.03	1.10	1.17	1.24	1.30		1.44				
.50	0.14		0.24		0.34	0.40	0.45	0.51	0.57	0.63	0.69	0.75	0.82	0.88	0.94	1.01	1.07	1.13	1.20	1.26	1.32		1.45		
.75						0.36	0.41	0.47	0.52	0.58	0.64	0.69	0.75	0.81	0.87	0.93	0.99	1.05	1.10	1.16	1.22	1.28		1.40	
.00				0.24			0.38	0.43	0.48	0.53	0.59	0.64	0.69	0.75	0.80	0.86	0.91	0.97	1.02	1.08	1.13	1.19	1.24	1.30	
25							0.35	0.40	0.45	0.49	0.54	0.59	0.64	0.69	0.74	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1
.50		0.14	0.17					0.37	0.41	0.46	0.50	0.55	0.60	0.64	0.69	0.74	0.79	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.08	1.13	1.
.75								0.35	0.39	0.43	0.47	0.51	0.56	0.60	0.65	0.69	0.74	0.78	0.83	0.88	0.92	0.97	1.02	1.06	1.
.00									0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.61	0.65	0.69	0.74	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	1.00	1
25	0.09		0.14			0.24				0.38	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.78	0.82	0.86	0.90	0.94	0
50	0.09		0.14							0.36	0.39	0.43	0.46	0.50	0.54	0.58	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0
.75							0.24				0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.54	0.58	0.62	0.66	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0
.00								0.26			0.35	0.38	0.41	0.45	0.48	0.52	0.55	0.59	0.62	0.66	0.69	0.73	0.77	0.80	0
.25				0.14								0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.52	0.56	0.59	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76	0.
50						0.18							0.37	0.40	0.44	0.47	0.50	0.53	0.56	0.59	0.63	0.66	0.69	0.73	0
.75													0.36	0.39	0.41	0.44	0.47	0.50	0.54	0.57	0.60	0.63	0.66	0.69	0.
.00		0.08			0.14				0.24	0.26			0.34	0.37	0.40	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.63	0.66	0

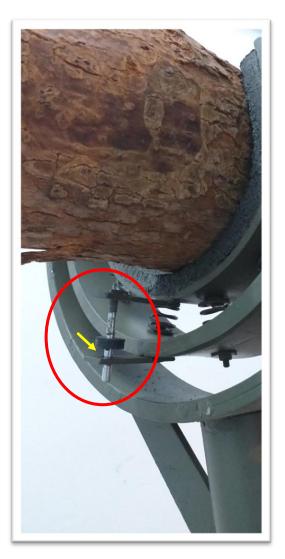
	pood			nte (m3	,			Beta=	30°	_	Al	tura de	instala	ción H(	m)										
D(m)	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
1.00	1.73	2.28	2.83	3.39	3.93	4.46	4.98	5.50	6.00	8.50	6.99	7.47	7.95	8.42	8.89	9.36	9.82	10.28	10.74	11.19	11.65	12.10	12.55	13.00	13.45
1.25	1.31	1.73	2.17	2.61	3.06			4.35	4.78				6.40					8.33		9:08				10.56	
1.50	1.04	1.38	1.73	2.10	2.47	2.83	3.20			4.28	4.64	4.98													
1.75		1.13	1.43	1.73	2.04	2.36	2.68	2.99	3.31			4.23	4.54	4.83									7.40		
2.00		0.96	1.20	1.46	1.73	2.00	2.28	2.56	2.83	3.11				4.20	4.46	4.72	4.98	5.24						6.74	
2.25			1.04	1.26	1.49	1.73	1.97	2.22	2.47	2.71	2.96	3.20				4.17	4.40	4:64	4.87						
2.50			0.91	1.10	1.31	1.52	1.73	1.95	2.17	2.39	2.61	2.83	3.06	3.28		3.71					4.78				
2.75		0.64		0.98	1.16	1.35	1.54	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.73	2.94	3.14	3.34				4.12	4.32	4.51	4.70	4.89	5.08
3.00	0.44			0.88	1.04	1.20	1.38	1.55	1.73	1.91	2.10	2.28	2.47	2.65	2.83	3.02	3.20	3.39				4.11		4.46	4.64
3.25	0.40				0.94	1.09	1.24	1.40	1.57	1.73	1.90	2.07	2.24	2.41	2.58	2.75	2.92	3.09	3.26	3.43				4.09	4.28
3.50		0.47				0.99	1.13	1.28	1.43	1.58	1.73	1.89	2.04	2.20	2.36	2.52	2.68	2.83	2.99	3.15	3.31	3.46			
3.75		0.44			0.78	0.91	1.04	1.17	1.31	1.45	1.59	1.73	1.88	2.02	2.17	2.32	2.47	2.61	2.76	2.91	3.06	3.20		3.49	3:64
4.00		0.40	0.50			0.84	0.96	1.08	1.20	1.33	1.46	1.60	1.73	1.87	2.00	2.14	2.28	2.42	2.56	2.70	2.83	2.97	3.11	3.25	3.39
4.25							0.88	1.00	1.12	1.23	1.30	1.48	1.01	1.73	1.80	1.99	2.12	2.25	2.38	2.51	2.04	2.77	2.90	3.03	3.10
4.50			0.44	0.53		0.72		0.93	1.04	1.15	1.26	1.38	1.49	1.61	1.73	1.85	1.97	2.10	2.22	2.34	2.47	2.59	2.71	2.83	2.96
4.75			0.41					0.87	0.97	1.07	1.18	1.29	1.40	1.51	1.62	1.73	1.85	1.96	2.08	2.19	2.31	2.43	2.54	2.66	2.78
5.00	0.24								0.91	1.00	1.10	1.20	1.31	1.41	1.52	1.62	1.73	1.84	1.95	2.06	2.17	2.28	2.39	2.50	2.61
5.25		0.28	0.36	0.44	0.51	D:59		0.76		0.94	1 04	1 13	1 23	1.33	1 43	1 53	1 63	1 73	1 84	1 94	2 04	2 15	2 25	2.36	247
5.50	0.21	0.28	0.34	0.41	0.49	0.56	0.84	0.72	0.80	0.89	0.98	1.07	1.16	1.25	1.35	1.44	1.54	1.63	1.73	1.83	1.93	2.03	2.13	2.23	2.33
5.75		8.26	0.33	0.38	0.46	0.58		0.68	0.76	8:84	0.92	1.01	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.55	1.64	1.73	1.83	1.92	2.02	2.11	2.21
6.00				0.37		0.50					0.88	0.96	1.04	1.12	1.20	1.29	1.38	1.46	1.55	1.64	1.73	1.82	1.91	2.00	2.10
6.25		0.24	0.29	U.35	0.42	0.48	U.55	0.61	0.08	0.76	0.83	0.91	0.98	1.06	1.14	1.22	1.31	1.39	1.47	1.56	1.65	1.73	1.82	1.91	1.99
6.50	U.18	0.23	0.28	0.34	0.40	0.46	0.52	U.58	0.85	0.72	0.79	0.86	0.94	1.01	1.09	1.17	1.24	1.32	1.40	1.48	1.57	1.65	1.73	1.82	1.90
6.75		0.22		0.32	U.38	0.44		U.56				0.82	0.89	0.96	1.04	1.11	1.19	1.26	1.34	1.42	1.49	1.57	1.65	1.73	1.81
7.00			0.26	0.31	0.36									0.92	0.99	1.06	1.13	1.20	1.28	1.35	1.43	1.50	1.58	1.65	1.73

Recientemente hemos realizado una mejora en la cuna de sustentación del dispositivo basado en la instalación de un sencillo y eficaz testigo de carga, calibrado en milímetros, donde se reflejará los momentos en los que se incremente la misma según el empuje recibido entre las pletinas de acero que tienen instalados los amortiguadores, siendo proporcionales a la respuesta de deformación por compresión de los muelles y según el número de ellos instalados.









Detalle del testigo de antes y después de una sobrecarga

Una vez explicado con detalle parte de las características técnicas del *DISART®*, es preciso aclarar la metodología de trabajo y cálculo para el dimensionamiento del mismo.

Para saber la capacidad de carga de los puntales y las dimensiones de las zapatas donde irán anclados, se necesita averiguar con la mayor exactitud posible el peso de la parte que se va a sustentar ya sea eje principal o el árbol entero.

1) La manera de saber este dato reside en el conocimiento de la relación que existe entre la densidad, peso y volumen de la especie que estamos tratando, es decir, cubicando su volumen sabremos cuánto pesará. Cada madera tiene una densidad determinada dependiendo si esta seca o verde. El cálculo, se puede hallar mediante la fórmula d=m/v, en la que, despejaremos la incógnita que necesitemos en cada caso para conocer finalmente el peso por metro cúbico.





Es en este punto donde el tema se vuelve un tanto relativo. Cubicar un tronco más o menos cilíndrico es algo bastante fácil de averiguar, ahora bien, si a este tronco le añadimos cantidad de ejes de diferentes calibres, todo su ramaje de pequeño calibre y las hojas, que también pesan lo suyo, la cuestión se vuelve un tanto subjetiva y surrealista a la vez. El hecho de que existan en la actualidad varias fórmulas que intenten averiguar el volumen de árboles en pie y cuyos resultados finales sean desiguales, llegando a doblar el resultado final unas de otras, demuestra claramente que sólo nos aproximaremos al peso real del árbol o rama. Estas fórmulas se basan, entre otros datos, en coeficientes mórficos de cada especie, dándoles un número que habrá que multiplicar por otras cifras provenientes del diámetro y altura, pero no todos los árboles de la misma especie tiene la misma morfología por lo que, de nuevo otra vez, tendremos el cálculo de peso aproximado y ciertamente subjetivo dependiendo de la fórmula que empleemos.

$$V = \frac{\pi_{\times}(Diámetro)^2 \times h_{\times} Cf}{4}$$

$$V = \frac{\pi}{4} \times (Diámetro)^2 \times h$$

$$V = Cf \times \frac{\pi}{4} \times (Diámetro)^2 \times h$$

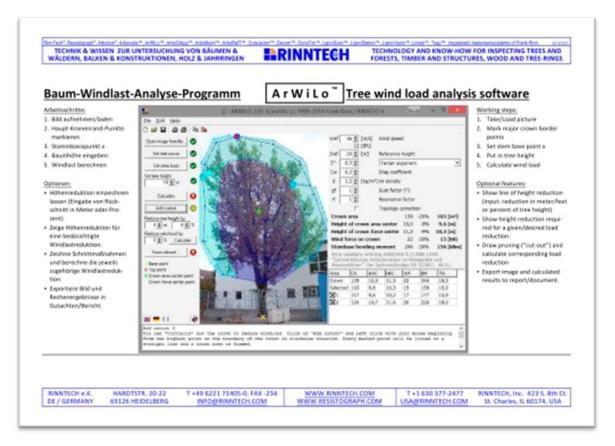
$$V = \frac{\pi}{4} \times \frac{2}{3} \times (Diámetro)^2 \times h$$

Diferentes formulaciones para cubicar árboles en pie y con resultados dispares

2) Una vez obtenido el peso aproximado del ejemplar o rama que vayamos a sustentar, hay que calcular la carga potencial que el viento ejercerá en el mismo. Mediante aplicaciones como "Arwilo" (un tanto subjetivas dependiendo de los datos que introduzcamos en su software), obtendremos ese dato, teniendo en cuenta la superficie del árbol expuesta, la altura, índice de esbeltez, vientos predominantes, exposición etc..., en cualquier caso, y a sabiendas de que también es un cifra aproximada, está basada en estudios científicos realizados en cientos de árboles y que ofrece una alta garantía.







Interface del Arwilo

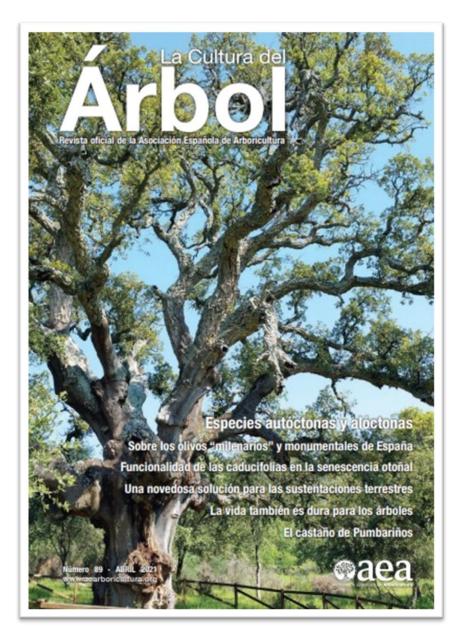
- 3) Por último, y tras averiguar con la mayor exactitud posible tanto el peso del árbol o rama como la carga potencial que pude llegar a ejercer el viento, llega el momento de dimensionar el dispositivo DISART® según la suma de ambos conceptos y aumentando su capacidad de carga entre un 5/10% para darle un margen mayor de seguridad ante cargas inesperadas. Ejemplos de grosores de pared de los puntales y volúmenes de las zapatas ya viene descritas al principio de este punto.
- 4) Es importantísimo saber reconocer el defecto o punto débil existente y en qué parte del árbol o rama está localizado para proponer la solución geométrica más adecuada de la instalación de su puntal principal, sus apoyos laterales colocados para evitar el pandeo lateral y dotar de más resistencia al conjunto tanto en tracción como en compresión, las zapatas de los mismos, y el punto donde se acoplará con el tronco, a fin de que todo el conjunto sea eficaz.

Si el dimensionamiento es bastante aproximado y la elección de la geometría de colocación es la adecuada, podemos proporcionar un margen extra de seguridad ante el defecto encontrado incluso, en caso de cargas extremas provocadas por eventos meteorológicos extremos para los que el dispositivo no estaba diseñado, el mismo podría desviar la caída del eje o ralentizar el colapso dejando un margen mayor de maniobra y reacción tanto a los servicios de emergencia como a las personas que se encuentren en las proximidades.





A continuación se muestra el artículo en la revista del sector editada por la Asociación Española de Arboricultura donde se ha publicado este novedoso dispositivo de sustentación terrestre en el que se muestra la versatilidad sus características.



La Cultura del Árbol nº 89 (abril 2021)





LCA 89 | ABR 2021 >>

# Una novedosa solución para las sustentaciones terrestres

Juan Barrero Beltrán / Técnico arbolista y consultor

Nos ha tocado vivir en una época de continuos cambios, de inmediatez, de no querer o no saber esperar, demandando todo a golpe de clic de ratón, en la que tenemos al alcance de la mano un sinfín de facilidades que hacen nuestra vida más cómoda y con unos adelantos que, en muchos aspectos, nos puedan parecer surrealistas a los que ya vamos teniendo una cierta edad.

En contradicción con este pensamiento vemos como en algunos ámbitos, en concreto en nuestro mundo del árbol, seguimos actuando en ocasiones de la misma manera que se hacia allá por los años 70 del pasado siglo con lo anacrónico que esto nos pueda parecer.

Comprobamos diariamente como en algunas parcelas dentro de la arboricultura hemos realizado grandes progresos tanto en técnicas de acceso al árbol y materiales como en metodologías de trabajo, realización de eventos y congresos y el consecuente despliegue de conocimientos por parte de distinguidos profesionales del sector a nivel nacional e internacional, lo que ha supuesto un notable desarrollo en la forma de realizar nuestro trabajo.

Por el contrario, es paradójico que en otros aspectos observemos en los árboles tratamientos casi decimonónicos como ocurre en el caso de los trabajos de sustentaciones terrestres. Mientras que desde hace más de una veintena de años las técnicas y materiales empleados en los trabajos de anclajes aéreos han tenido una enorme evolución, con varios modelos de cables y marcas comerciales preocupadas en seguir perfeccionando sus componentes, la vertiente de sustentación terrestre sigue ofreciendo casi las mismas soluciones que elaboraban los primeros arbolistas, bastante dañinas en la mayoría de los casos y mejorables a todas luces.

Sin intención de menospreciar el grandísimo trabajo de compañeros del sector, tengo la impresión de que el extraordinario dimensionamiento de material y cantidad de fórmulas para hallar resistencias, empujes, momentos, etc., no debería tener como resultado la tipica viga empotrada (sea cual sea la forma de la misma) coronada con el típico neumático reciclado con el fin de sostener ramas de gran calibre o árboles ejemplares y monumentales en los que esa misma viga suele acabar incrustada y embutida en su madera. Creo que no es la manera más acertada de tratarlos.

28





### INSPECCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS FICUS DE LAS PLAZAS DE CRISTO DE BURGOS, ENCARNACIÓN Y MUSEO, DETERMINACIÓN DE RIESGO EXISTENTE Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN





Esta manera de "sostenerios" fue lo que llamó mi atención y provocó mi curiosidad hace bastantes años. Empecé a ser consciente de que si bien era una solución inmediata para mantener ramas y árboles con relativa estabilidad, era evidente que también provocaban heridas, rozamientos, incrustaciones del propio material en el interior de la madera y, en algunos casos, eran el detonante de fracturas y graves lesiones. Nunca una solución debería ser parte del problema...

Me puse en marcha y empecé a darie vueltas para buscar una posible solución, una quimera que poco a poco fue tomando forma en mi cabeza pero en la que faltaba la pieza fundamental, una parte de contacto con el árbol que no fuese dafina. Para ir dando forma y hacer realidad este proyecto unimos fuerzas e ilusión dos simples arbolistas, dos observadores que lo que pretendian era aportar algo diferente y novedoso a la vez ayudar a estos seres vivos que tan castigados están algunas veces por la propia naturaleza y, en otras, por nosotros mismos y nuestras irrespetuosas prácticas nada profesionales.

Llegados a un punto, tanto José Mª Cruz Lencero, arbolista certificado ETW, trabajador en Parques Históricos de Madrid, como yo mismo, empezamos a desarrollar los primeros bocetos de lo que más adelante seria el Dispositivo de Sustentación Artificial Terrestre (DISART).



25





LCA 89 | ABR 2021 >>







Durante algo más de dos años investigamos y nos sumergimos en la red para ver lo que había en todo el mundo respecto de este tipo de artilugios y pseudosoluciones que se instalaban en los árboles. Después de no bastantes ideas utópicas, dibujos, bocetos y algún que otro documental en el que unos "simples" amortiguadores eran capaces de absorber las vibraciones, movimientos y oscilaciones que los terremotos provocaban en los edificios de Japón y que los mantenía intactos, surgió la idea...Si esta amortiguación era capaz de tanto, ¿se podría fabricar algo parecido para que el contacto del árbol con el dispositivo de sustentación no provocase heridas gratuitas y fuese lo suficientemente resistente además de poder soportar el peso del árbol y la carga puntual del viento, nieve o la pérdida de resistencia debido a algún fallo estructural?

Con estos bocetos, y un primer prototipo debajo del brazo realizado por un experto herrero, Pablo Granado Sánchez, nos pusimos en las manos profesionales de Jesús Fernández y Ramón Hernández, Ingenieros de Caminos (FH Ingenieros S.L.) para que con su inestimable ayuda y opinión profesional nos pusieran los pies en el suelo. Ellos realizaron un fantástico y concienzudo trabajo ingenieril para calcular, dimensionar y materializar las partes necesarias y que el dispositivo fuese una realidad tangible, con un empaque objetivo y científico y no sólo la idea de dos arbolistas.

#### Comportamiento Estructural del Disart

El Dispositivo de Sustentación Artificial Terrestre (DISART) es un sistema de apuntalamiento dinámico de ramas y troncos de especies arbóreas que presenten problemas de estabilidad, con riesgo de rotura total o parcial del espécimen. No se trata de

un apuntalamiento rigido tradicional, con los daños que ocasiona a la propia planta que pretende ayudar.

Es un apuntalamiento con una sustentación elástica que permite cierto movimiento al ejemplar, facilitando el desarrollo natural del árbol y ayudando a su recuperación sin provocar daños en la zona de contacto. El alma del dispositivo es la "Cuna de Asentamiento" soportada mediante muelles amortiguadores y con un sistema auto-orientable, lo que hace que siempre mantenga el contacto de forma perpendicular al tronco o rama.

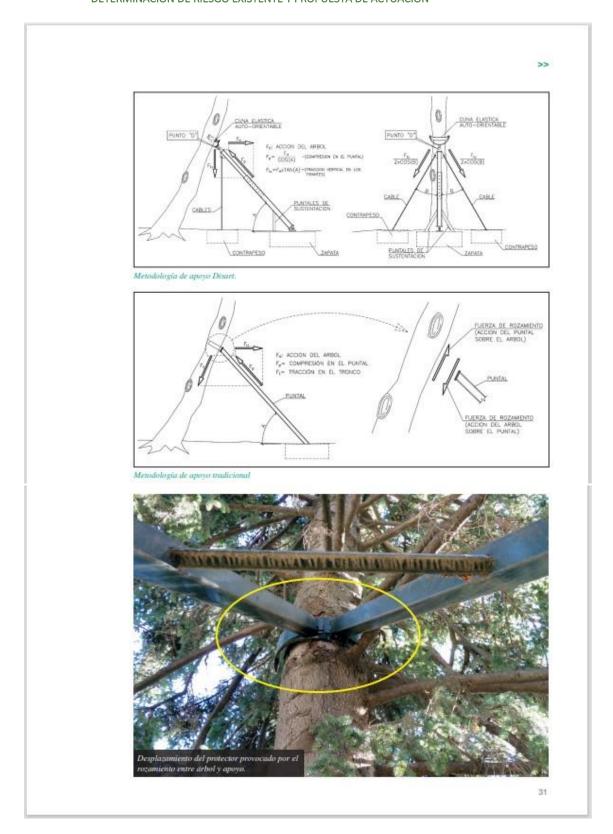
Esta parte del DISART es necesario sustentarla mediante una estructura adicional. Las zapatas de cimentación, el puntal o los vientos forman parte de esa estructura adicional. En nuestro dispositivo el árbol no forma parte de la estructura de sustentación de la propia cuna. Todo el conjunto es estable incluso SIN la presencia del árbol. La planta no sujeta al dispositivo, sino que se apoya en él.

En el caso de los dispositivos de puntales tradicionales, la cuna o zona de contacto con el árbol está rigidamente unida al soporte y además se apoya, también rigidamente en el árbol haciendo que éste forme parte del sistema estructural. El problema estriba en que la cuna no está fisicamente conectada al árbol, por lo que el apoyo se materializa por rozamiento. Este rozamiento es el que termina por dañar a la planta. Por otra parte, la cuna no se puede adaptar al movimiento y desarrollo del árbol, ya que es un elemento rigidamente unido al puntal. De esta forma, cuando el árbol se mueve o se desarrolla, el apoyo termina siendo en una arista de la cuna, en lugar de apoyar en toda la banda de neopreno.

30



## INSPECCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS FICUS DE LAS PLAZAS DE CRISTO DE BURGOS, ENCARNACIÓN Y MUSEO, DETERMINACIÓN DE RIESGO EXISTENTE Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN







LCA 89 | ABR 2021 >>

Otra de las grandes ventajas del DISART frente al puntal tradicional es que la cuna de asentamiento se ajusta automáticamente a la posición correcta respecto a la zona de apoyo y sus amortiguadores absorben y disipan los movimientos de oscilación que se puedan producir debido a cargas dinámicas, así como permitir tanto la generación de madera de compensación como el aumento de grosor anual de la misma.



Cana de apoyo oscilante. Permite un contacto directo en perpendicular al tronco y aporta amortiguación para absorber las oscilaciones y el movimiento. Esta parte va inseriada en la cabeta del tornillo de ajuste de la viga telescópica.

El puntal del dispositivo se mantiene en su posición mediante unos soportes llamados puntales de sustentación. Están más o menos próximos a la base del puntal y se pueden apoyar en su misma zapata. Las tracciones que se generan cuando el árbol empuja son recogidas por unos vientos (cables) que parten del extremo del puntal y que están anciados en sendos contrapesos de hormigón. El propio puntal actuando como una ménsula empotrada en su cimentación, gracias a los soportes, es capaz de soportar las flexiones a las que estará sometido por las desviaciones de la acción del árbol.

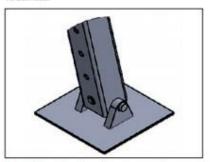
El puntal del Dispositivo puede ser de una pieza o extensible dependiendo de la longitud.



Dispositivo Disart, viga y cuna de apoyo. El puntal puede ser telescópico o sencillo dependiendo de la longitud desde el suelo al punto de contacto con el árbol.

que se precise en cada caso. Tanto el propio puntal como la cuna de asentamiento son ajustables para proporcionar el apoyo deseado, según las necesidades y gravedad del defecto que presente la planta.

La base es orientable con una gran oscilación (180°). Todo ello hace que el Dispositivo sea tremendamente versátil, pudiéndose recolocar en cualquier momento y sin moverlo de su posición. Además, no hay que pasar por alto un detalle, un potencial ahorro futuro, ya que en caso de tener que retirar el dispositivo por algún motivo, es completamente reutilizable para otros casos que se precisen dada su gran versatilidad.



Base del dispositivo. Ex oscilante para permitir un acople en cualquier ángulo que se precise.

Los puntales serán tubos estructurales conformados en frio, de acero EN 10219 S-275-J0H, así como la tornillería y demás piezas metálicas que se utilicen en el dimensionamiento del Dispositivo. Los amortiguadores de la cuna de asentamiento tendrán la carga y precarga necesaria según cada caso.

Existen diferentes configuraciones para el dimensionamiento de las zapatas, puntales, vientos y demás piezas que conforman el conjunto del dispositivo que dependerán del volumen, peso y carga del árbol según lo requiera. Os mostramos un ejemplo en la siguiente página.

En las tablas se indica el lado mínimo que debe tener una zapata cuadrada para transmitir unas tensiones admisibles al terreno, en función de la Fuerza Horizontal y de la disposición geométrica del puntal.

En estas tablas se ha considerado un canto de zapata de 0.50m y una tensión admisible del terreno de dadm= 1.50 kp/cm². Se trata por tanto de unas tablas orientativas y en caso de variar los datos de partida será necesario realizar un cálculo ajustado a las nuevas condiciones.

Las celdas sombreadas en rojo corresponden a disposiciones del puntal principal en las que el ángulo que éste forma con la horizontal es menor de 30° o mayor de 60°. Estas disposiciones no se consideran apropiadas en principio, salvo justificación.

En las tablas se muestra el volumen de hormigón que es necesario disponer para anclar los vientos. Los



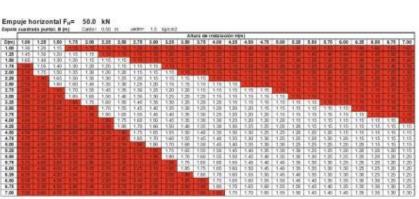


Figura 3. Detalle de una de las diferentes configuraciones del puntal

# Tubo 140x140x6 Fierza horizontal Resistante Frd (M) | Property | 1.89 | 1.89 | 1.79 | 2.00 | 2.79 | 2.00 | 2.79 | 2.00 | 2.78 | 2.46 | 2.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 | 4.78 | 4.80 |

Figura 4. Detalle de una de las diferentes configuraciones de la zapata del punta

vientos son tirantes que están traccionados y es necesario que haya un contrapeso que los sujete. En los resultados se ha tenido en cuenta que la Fuerza Horizontal que el árbol ejerce sobre el dispositivo puede desviarse lateralmente. Esto provoca un incremento en la tracción sobre uno de los vientos y descarga el contrario. Las celdas sombreadas en rojo corresponden a disposiciones del puntal principal en las que el ángulo que éste forma con la horizontal es menor de 30° o mayor de 60°. Estas disposiciones no se consideran apropiadas en principio, salvo justificación.

Estoy seguro que con el paso del tiempo y la experiencia que vayamos adquiriendo se podrá ir mejorando tanto el dispositivo como la técnica. Lo que es innegable es que existe la necesidad imperiosa de ofrecer soluciones diferentes a los problemas de estabilidad de árboles mediante los apoyos tradicionales que, aunque solucionan tosca y precariamente en un primer momento, son un problema a medio y largo plazo debido a las heridas que producen. No hay más que observar la gran cantidad de apoyos sobre muletas estáticas y las consecuencias tan nefastas que ocasionan.

Os pedimos un voto de confianza, ese paso atrás para poder ver con perspectiva este novedoso dispositivo y que, de la misma manera que en otras ocasiones nos hemos sumado a un cambio del que todos hemos salido beneficiados, no sería sensato cerrar las puertas al avance que supone una mejora en el cuidado de los árboles, cuánto más si después de la gran pérdida de ejemplares de gran valor paisajistico que hemos sufrido con la gran nevada no ponemos todo lo necesario para conservar a los que han sobrevivido y así seguir disfrutando de la gran cantidad de beneficios que nos otorgan.

Dias después de redactar este artículo, recibimos el informe de respuesta de la Oficina de Patentes y Marcas en el que, tras la búsqueda internacional realizada por dicho organismo, se concluye "...el dispositivo presenta novedosa actividad inventiva y con aplicación industrial..." lo que reconoce internacionalmente la novedad y singularidad del Dispositivo de Sustentación Terrestre de Árboles (DISARTI) y el consecuente derecho a patente del mismo.

A la vista de todo esto creo que ya no podemos poner excusas, y si al encontramos con un árbol con esa típica viga empotrada en el tronco e incrustada en su madera todavía seguimos mirando hacia otro lado, seremos, en parte, responsables del problema pero no de su solución.

33

>>



