

artículos y ensayos científicos

sección



Errores comunes en el diseño de fundaciones superficiales en la ciudad de Cochabamba, Bolivia

Gustavo Tezanos Pinto

Universidad Mayor de San Simón • Cochabamba • Bolivia
gatpl1@gmail.com

Resumen

En Cochabamba, es común que las edificaciones se sitúen en los límites laterales de los terrenos para optimizar el espacio, lo que ha llevado al uso de fundaciones superficiales con losas de cantos delgados. Esta solución, habitual en construcciones de hasta 12 niveles, puede ocasionar fallas a lo largo del tiempo. Este artículo analiza los errores comunes en el diseño de estas fundaciones y propone varias alternativas para mejorar la estabilidad estructural: aumentar el espesor de los cantos, incorporar vigas profundas, utilizar losas postensadas, adoptar fundaciones con placas plegadas y recurrir a fundaciones profundas.

En suelos de baja resistencia, como los limo-arcillosos presentes en Cochabamba, las fundaciones con cantos delgados incrementan el riesgo de asentamientos diferenciales y fallas estructurales, afectando la seguridad de los edificios. La falta de rigidez en las losas compromete la estabilidad lateral, aumenta el riesgo de vuelco o deslizamiento. Las soluciones propuestas permiten mejorar la distribución de cargas y aumentar la rigidez estructural. Un diseño que no contemple adecuadamente estas medidas puede resultar en grietas, deformaciones permanentes e incluso el colapso parcial o total de la edificación, aumentando así el riesgo cuando encaramos excavaciones al lado de estos edificios con patología impuesta o por imponerse pronto.

Palabras clave: *Estabilidad estructural, Asentamientos diferenciales, Rigidez estructural*

Abstract

In Cochabamba, it is common for buildings to be located along the lateral boundaries of plots to optimize space, which has led to the use of shallow foundations with thin-edged slabs. This solution, typical in constructions of up to 12 stories, can lead to failures over time. This article analyzes common design errors in these foundations and proposes several alternatives to improve structural stability: increasing the thickness of the slab edges, incorporating deep beams, using post-tensioned slabs, adopting folded plate foundations, and resorting to deep foundations.

In low-strength soils, such as the silty-clay soils found in Cochabamba, foundations with thin edges increase the risk of differential settlements and structural failures, affecting the safety of buildings. The lack of stiffness in the slabs compromises lateral stability, increasing the risk of overturning or lateral sliding. The proposed solutions aim to improve load distribution and increase structural rigidity. A design that does not adequately consider these measures may result in cracks, permanent deformations, or even partial or total building collapse. This risk is further exacerbated when adjacent excavations are undertaken near buildings with existing or imminent structural pathologies.

Keywords: *Structural stability, Differential settlements, Structural rigidity*

Introducción

El diseño de fundaciones en edificios apoyados en los límites laterales presenta desafíos únicos. En Cochabamba, la presencia de suelos de baja resistencia, especialmente los limo-arcillosos y arcillo-limosos, agrava estos problemas. Las fundaciones superficiales con losas de cantos delgados incrementan el riesgo de fallas estructurales y asentamientos diferenciales, lo que afecta la seguridad estructural de los edificios.

La licuefacción es un fenómeno que ocurre cuando suelos saturados pierden temporalmente su rigidez y resistencia bajo eventos sísmicos (Das, 1999). Este fenómeno es común en suelos limo-arcillosos en Cochabamba, lo que genera inestabilidad en las estructuras ubicadas en estos terrenos.

Como segundo punto se debe aclarar que el diseño de fundaciones se encuentra basado en proponer estructuras de fundación que permitan la transferencia de esfuerzos de la superestructura al suelo de fundación. Debemos considerar que la estructura es el conjunto formado por superestructura, la subestructura donde forma parte la fundación y el suelo subyacente a la misma y toda la teoría de interacción suelo estructura está basado en el semiespacio definido por Boussinesq en 1885, donde se define al suelo como un ente ideal que cumple las hipótesis siguientes:

- Esta limitado por un plano horizontal
- Es un medio continuo
- Es un medio elástico (se supone la existencia de capas suficientemente pequeñas como para admitir el comportamiento elástico)
- Es homogéneo
- Es isotrópico

En base a las hipótesis planteadas en este semiespacio Boussinesq aplico conceptos matemáticos y ecuaciones de elasticidad de cuarto orden con las condiciones de frontera siguientes:

- Los esfuerzos se desvanecen a grandes distancias $r \rightarrow \infty$
- Las deformaciones se desvanecen para $r \rightarrow \infty$
- Los esfuerzos cortantes son nulos en la superficie ($z = 0$)
- Los esfuerzos normales son nulos en la superficie excepto en el punto de aplicación de la carga.

Como es evidente estas hipótesis rara vez se cumplen y es muy rara la ocasión en la que el terreno se ajusta a estas hipótesis, y en general difícilmente y salvo contadas excepciones las cumple. Por tanto, la mecánica de suelos es una de esas materias en donde el especialista además de recurrir a planteamientos teóricos debe contar con las referencias que puedan aportar casos reales similares a los de estudio, y hacer buen uso de su criterio y experiencia personal.

La capacidad portante se refiere a la cantidad máxima de carga que el suelo puede soportar sin fallar o deformarse excesivamente. En suelos de baja resistencia, como los encontrados en Cochabamba, la capacidad portante es limitada, lo que puede llevar a fallas estructurales si no se toman las precauciones necesarias (Bowles, 1996).

Rotura generalizada: fundamentalmente por corte, el asiento suele ser del orden del 5% del ancho.

Rotura por punzonamiento (del suelo): es más común en cimentaciones profundas, o bien cuando bajo el estrato de apoyo se encuentra un estrato de peores condiciones, a poca profundidad. El asiento es del orden del 8%.

Rotura localizada: El suelo no se plastifica súbitamente, previamente la plastificación aparece en los bordes de la zapata.

El asentamiento aceptable de una fundación debe estar en el orden del 1% de su dimensión en planta más pequeña y siempre debe estar restringido por un valor máximo que podría oscilar entre 1" y 2". Siempre busca la rigidez de la estructura para contrarrestar las deformaciones que se impondrán en la fundación. En materia de fundaciones solo existen procedimientos y no así reglas específicas o pasos establecidos, solo cuando hablamos de zapatas las reglas están claras puesto que las mismas pueden entrar fácilmente en asentamientos diferenciales y por lo tanto las verificaciones responden a evitar fallos de las zapatas a partir de la implementación de bielas y tirantes, por lo que se extrapola dicho procedimiento a encepados de pilotes también. Un buen diseño de fundación sólo depende de la buena implementación del fenómeno de solicitaciones y de las deformaciones resultantes a partir de la comprensión que son de orden físico, es decir que está regido por las leyes gobernantes de la física, lo cual involucra el buen sentido común de la transmisión de esfuerzos a la fundación y a partir de dicha praxis los armados correspondientes. El hormigón armado en las fundaciones no es proceso mecánico y por lo tanto creer que se reduce a simple formulas es la camino de encontrar fallos en la concepción de las cimentaciones y debe tomarse en cuenta que los que fueron a las universidades son los profesionales y no así el suelo o el hormigón, por lo que estos actores se comportan como deben comportarse y no como las fórmulas y programas lo digan, sino el buen sentido aplicado a la física en la ingeniería de cimentaciones.

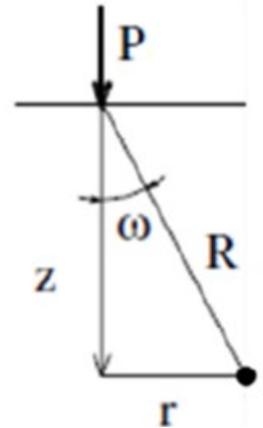


Figura 01

Semiespacio de Boussinesq
Fuente: DAS, 1999

Desarrollo

Después de 24 años de ejercicio profesional y de haber intervenido en más de 120 edificaciones, dentro de las cuales se hizo intervención de corrección a diseños o a la subestructura ejecutada de varios edificios donde se pudieron determinar anomalías impuestas en la etapa de diseño y por la experiencia acumulada en esos trabajos se puede citar que el riesgo asumido por muchos ingenieros estructurales, ejecutores sean arquitectos o ingenieros y constructores sin apoyo técnico profesional, es bastante alto, pues en el mejor de los casos se dimensionó la fundación a punzonamiento, se considera como lecho rígido para una fundación que es altamente flexible por su lecho de apoyo y dejar así de lado la seguridad de la estructura, de las viviendas colindantes y de las futuras viviendas colindantes a ser ejecutadas y no olvidar el riesgo latente de seguridad de vida que se deja. Para ejemplo de demostración de esta problemática haremos referencia al edificio del grupo TEEFE ubicado en la avenida Blanco Galindo a la altura del kilómetro 3, donde se tiene un suelo de 0.8 kg/cm de capacidad portante admisible y la sobre exigencia de suelo obtenida del suelo en un modelo del edificio de 8 pisos y una luz entre columnas de 8.5 m, llega a ser del orden de 1.6 kg/cm² a 2.00 kg/cm², modelo desarrollado en el programa SAFE P/T vs 16, a partir del cual se muestra en la figura 2 la morfología de la losa de fundación con canto constante de 80 cm y con las columnas en el perímetro de la losa de fundación.

Se puede ver en la figura 3 que el grado de explotación llega a ser superior al doble de la capacidad portante del suelo donde se desea fundar, por lo cual la búsqueda de una fundación alternativa es obligatoria. En dicho edificio se llegó a incrementar el canto de la losa de fundación hasta 1.8 m y en ningún momento se alcanzó una solicitud cercana o igual a 1.04 kg/cm² que sería el 30% por encima de la capacidad admisible que es lo que admite la norma, por lo cual en dicho edificio se utilizó fundación profunda en corrección a la originalmente planteada en el proyecto, para así tener la durabilidad garantizada en la edificación.

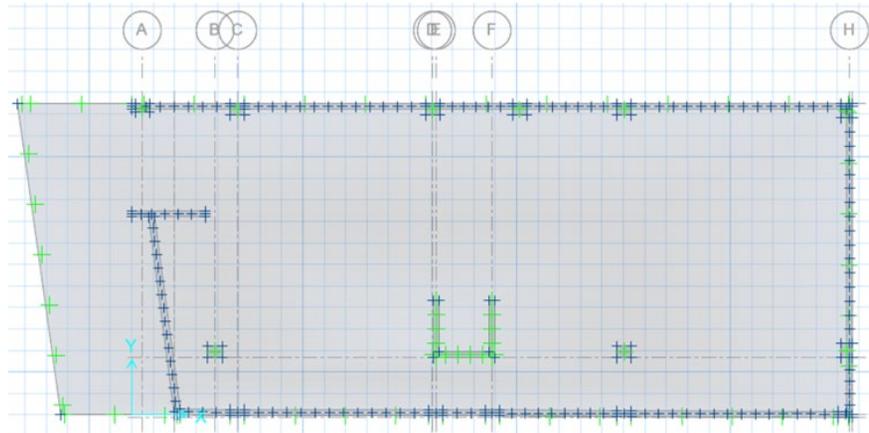


Figura 02

Morfología de edificio ejecutado con losa de fundación en el perímetro de las columnas
Fuente: propia, 2022

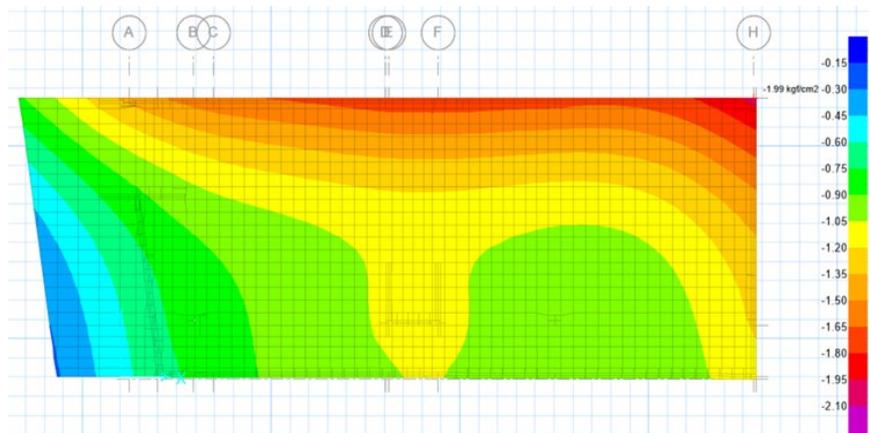


Figura 03

Solitud de la losa de fundación del modelo en kg/cm²
Fuente: propia, 2022

En Cochabamba se baja demasiado el factor de seguridad de hundimiento del suelo, el cual debería guardarse en el rango de 2.5 a 3, dependiendo el grado de incertidumbre del suelo, y en su defecto usan factores de seguridad global al hundimiento de menos de 2.5 a 2, los cuales únicamente pueden adoptarse en los lugares con condiciones muy uniformes y solo se podría adoptar de 1.5 a 2 para construcciones provisionales o para estructuras donde los asentamientos diferenciales tienen poca importancia (Tomlinson, 2002). Un ejemplo claro de este problema se encuentra en el edificio del grupo TEEFE ubicado en la avenida Blanco Galindo, antes descrito, donde el análisis geotécnico inicial subestimó la capacidad portante del suelo, lo que condujo a una sobrecarga de las fundaciones. Como resultado, fue necesario rediseñar la losa de fundación, incrementar su canto hasta 1.8 metros para cumplir con los requisitos de estabilidad estructural. Este caso subraya la importancia de realizar investigaciones geotécnicas exhaustivas y de mantener factores de seguridad adecuados, especialmente en suelos de baja resistencia.

A continuación, se desarrollan algunos de estos errores de diseño comunes al resolver fundaciones con columnas en los límites de la losa de fundación de cantos delgados:

1. Subestimación de las Cargas Sísmicas

La licuefacción es un fenómeno que ocurre cuando suelos saturados pierden temporalmente su rigidez y resistencia bajo eventos sísmicos (Das, 1999). Este fenómeno es común en suelos limo-arcillosos en Cochabamba, lo que genera inestabilidad en las estructuras ubicadas en estos terrenos.

Para evitar el error crítico de subestimar la capacidad de carga del suelo, es crucial realizar evaluaciones geotécnicas exhaustivas y emplear los métodos más adecuados para asegurar la estabilidad de las fundaciones. Pues debemos entender que la velocidad de la onda sísmica decrementa a medida que el suelo es más débil y por lo tanto permanece más tiempo la estructura en ataque de la acción sísmica.

2. Subestimación de la Capacidad de Carga del Suelo

La capacidad portante se refiere a la cantidad máxima de carga que el suelo puede soportar sin fallar o deformarse excesivamente. En suelos de baja resistencia, como los encontrados en Cochabamba, la capacidad portante es limitada, lo que puede llevar a fallas estructurales si no se toman las precauciones necesarias (Bowles, 1996).

Existen varios factores que pueden contribuir a la subestimación de la capacidad de carga del suelo:

Insuficiente Investigación Geotécnica: La capacidad de carga del suelo varía según su tipo de suelo y sus características particulares. Una investigación geotécnica insuficiente puede llevar a una comprensión incompleta de las propiedades del suelo, lo que daría por resultado una estimación errónea de su capacidad de carga.

Errores en las Pruebas de Suelo: Las pruebas de suelo, como las pruebas de penetración estándar (SPT) o las pruebas de carga, son fundamentales para determinar la capacidad de carga del suelo. Sin embargo, errores en la ejecución o interpretación de estas pruebas pueden conducir a estimaciones inexactas de la capacidad de carga. Cabe citar que en toda campaña geotécnica debería al menos realizarse un ensayo de penetración estándar (SPT) al margen que se realicen otras pruebas de campo en teoría más modernas.

No Considerar la Variabilidad del Suelo: Los suelos en varios casos pueden ser heterogéneos y por lo tanto su capacidad de carga puede variar significativamente dentro de un área pequeña. No considerar esta variabilidad puede llevar a subestimar la capacidad de carga del suelo en ciertas áreas.

Uso de Métodos Conservadores: En algunos casos, los ingenieros pueden optar por utilizar métodos conservadores para estimar la capacidad de carga del suelo, lo que puede resultar en una subestimación de esta capacidad y, por lo tanto, en un diseño excesivamente costoso o innecesario.

Las consecuencias de la subestimación de la capacidad de carga del suelo pueden ser graves. Pueden incluir el colapso de estructuras, daños a la propiedad, lesiones e incluso pérdida de vidas humanas. Por lo tanto, es fundamental realizar una investigación geotécnica exhaustiva, utilizar métodos de prueba adecuados y considerar la variabilidad del suelo para evitar la subestimación de la capacidad de carga del suelo en proyectos de edificación para así garantizar la seguridad y la estabilidad de las estructuras construidas sobre el suelo y en la ciudad de Santa Cruz, Bolivia ya se tuvo un evento catastrófico con el edificio Málaga el 24 de enero de 2011.

3. Distribución Desigual de Cargas

La falta de atención a la distribución de cargas puede resultar en puntos de concentración de tensiones y deformaciones localizadas, especialmente en las esquinas de los edificios o como el caso de estudio que son los edificios apoyados en los límites laterales del terreno, lugares donde la distribución desigual de las cargas aumenta el riesgo de fallas locales. Se debe citar que la distribución desigual de cargas en una losa de fundación es un problema bastante común y que el mismo puede tener serias implicaciones para la estabilidad y la integridad estructural del edificio que tenga presente dicha anomalía. La losa de fundación tiene la misión de distribuir uniformemente las cargas verticales y horizontales provenientes de la superestructura del edificio hacia el suelo subyacente a ella. Cuando esta distribución de cargas no es uniforme, pueden ocurrir una serie de problemas, incluidos asentamientos diferenciales, agrietamiento de la losa y desplazamientos estructurales, que pueden comprometer la seguridad y durabilidad del edificio.

Algunas de las causas más comunes de distribución desigual de cargas en una losa de fundación incluyen:

Cargas Concentradas: La presencia de cargas concentradas, como muros portantes, columnas o vigas, puede generar puntos de alta carga en la losa de fundación. Si estas cargas no se distribuyen uniformemente a lo largo de la losa, pueden provocar una distribución desigual de las tensiones y deformaciones, lo que aumenta el riesgo de grietas y daños en la losa.

Mala Planificación del Diseño: Un diseño deficiente que no tenga en cuenta adecuadamente la distribución de cargas puede resultar en una distribución desigual de las mismas en la losa de fundación. Esto puede deberse a una estimación incorrecta de las cargas de diseño o a la falta de consideración de la geometría y disposición de la superestructura del edificio.

Variabilidad del Suelo: Los suelos pueden tener propiedades geotécnicas variables a lo largo de la superficie de la losa de fundación. Si estas variaciones no se tienen en cuenta en el diseño, pueden dar lugar a una distribución desigual de las cargas y a la concentración de tensiones en ciertas áreas de la losa.

Efectos de Cargas Externas: Factores externos como movimientos del suelo a ejecutarse de manera posterior de la construcción del edificio, cambios en el nivel freático o cargas dinámicas pueden afectar la distribución de cargas en la losa de fundación. Estos efectos pueden provocar desplazamientos diferenciales y una distribución desigual de las cargas en la losa.

Los efectos de una distribución desigual de cargas en una losa de fundación pueden ser perjudiciales para la integridad estructural del edificio. Pueden provocar asentamientos diferenciales, grietas en la losa y en la superestructura, y desplazamientos estructurales que comprometen la estabilidad del edificio. Un edificio no se diseña simplemente a solicitudes y resistencias, sino que debe ser diseñado a todos los eventos probables en el uso del mismo y no tomar en cuenta que a futuro las edificaciones vecinas pueden cambiar y que ese cambio representa la realización de excavaciones que en algún punto pueden ser de gran envergadura puede ser catastrófico para un edificio que no tomó en cuenta tal fenómeno en la elección de su canto de losa de fundación.

4. Limitaciones en la Estabilidad Lateral

La falta de rigidez de las fundaciones con cantos delgados puede comprometer la estabilidad lateral del edificio, aumentar el riesgo de vuelco o deslizamiento lateral. Las losas de fundación

con cantos delgados pueden carecer de la rigidez necesaria para soportar las cargas estructurales, lo que aumenta el riesgo de asentamientos diferenciales y daños en la estructura. La falta de rigidez estructural en las losas de fundación de un edificio es un problema significativo que puede tener consecuencias graves para la estabilidad y la seguridad de la estructura hablando como un conjunto. Como ya se citó las losas de fundación son elementos clave en la transferencia de cargas desde la superestructura del edificio hasta el suelo subyacente. Cuando dichas losas carecen de rigidez adecuada, pueden llegar a presentarse asentamientos diferenciales tan elevados que en casos extremos llegaron a un colapso parcial o total del edificio.

Algunas de las razones principales por las cuales las losas de fundación pueden carecer de rigidez estructural son las siguientes:

Espesor Inadecuado: Un espesor insuficiente de la losa de fundación puede resultar en una capacidad de carga limitada y una rigidez reducida. Esto puede deberse a una subestimación de las cargas de diseño o a una falta de consideración de las condiciones del suelo subyacente, siendo el espesor el factor predominante para contrarrestar el fenómeno de deformación natural de una losa de fundación apoyada en un lecho elástico.

Diseño Inadecuado de Refuerzo: La disposición y cantidad de acero de refuerzo en la losa de fundación son fundamentales para su capacidad de carga y rigidez. Un diseño de refuerzo inadecuado ya sea por la falta de refuerzo de acero suficiente o por una distribución incorrecta del mismo, puede resultar en una losa débil y altamente flexible.

Materiales de Construcción Inadecuados: La calidad y resistencia de los materiales de construcción utilizados en la losa de fundación al igual que en todo proyecto, son críticas para su garantizar la rigidez estructural. La utilización de materiales de baja calidad o la falta de cumplimiento de las especificaciones técnicas de diseño pueden conducir a una losa que no cumpla con los requisitos de rigidez.

Inadecuada Conexión con la Superestructura: Una conexión deficiente entre la losa de fundación y la superestructura del edificio puede comprometer la transferencia eficiente de esfuerzos de los soportes a la losa de fundación y reducir por tanto la rigidez estructural. Esto puede ocurrir debido a errores de diseño o problemas durante la construcción.

Los efectos de la falta de rigidez estructural en las losas de fundación pueden manifestarse de varias formas, como grietas en las paredes y pisos del edificio, puertas y ventanas que no cierran correctamente, y asentamientos diferenciales que pueden causar daños graves a la estructura.

5. Impacto en Propiedades Vecinas

La transmisión de cargas adicionales al suelo del predio vecino puede generar disputas legales y daños a las estructuras adyacentes, especialmente si no se toman las precauciones adecuadas durante la construcción.

La capacidad portante se refiere a la cantidad máxima de carga que el suelo puede soportar sin fallar o deformarse excesivamente. En suelos de baja resistencia, como los encontrados en Cochabamba, la capacidad portante es limitada, lo que puede llevar a fallas estructurales si no se toman las precauciones necesarias (Bowles, 1996). Con este fin buscado de garantizar una capacidad portante admisible se deben plantear alternativas de fundación para los suelos que

están muy próximos a su valor máximo de explotación y que por otro lado las columnas se encuentran ubicadas en los límites de la fundación. Las cuales se plantean a continuación: :

5.1 Aumento del espesor de los cantos

Incrementar el espesor de los cantos de la fundación puede mejorar significativamente la capacidad de carga y la rigidez estructural, reduce así el riesgo de deformaciones excesivas. Cuando se considera el recrecido del sector colindante que sostiene al edificio con apoyo lateral, se ve la razón de incorporar losas fungiformes, las cuales son muy aptas para toda esta problemática, pues responden a la búsqueda de optimizar el hormigón armado que se va a suministrar o directamente realizar el incremento de la losa de fundación en el límite lateral colindante en una dimensión mayor a 1/6 de la luz entre columnas de borde y centrales de la edificación.

5.2 Incorporación de vigas profundas de fundación

Se considera la incorporación de una viga profunda cuando se necesita aumentar la capacidad de carga o mejorar la estabilidad de la estructura existente. Las vigas profundas son elementos estructurales que se utilizan para transferir cargas desde la losa de cimentación hacia el suelo de soporte de manera más eficiente y la dimensión de la misma debe ser del orden del canto de la losa de fundación o superior, velando de cumplir la relación de 1/3 con su ancho y que dichas vigas puedan albergar el ancho de las columnas dentro de sus dimensiones. Por lo tanto, si la carga sobre la losa de fundación existente es mayor de lo que puede soportar la misma, se pueden agregar vigas profundas para distribuir mejor la carga hacia el suelo subyacente y así evitar asentamientos diferenciales, lo que significa que se quiere impedir que ciertas áreas se hundan más que otras, pues las vigas profundas pueden ayudar a nivelar la estructura al distribuir uniformemente las cargas. También se debe indicar que las estructuras que experimentan cargas laterales significativas, tales como vientos fuertes o sismos, la incorporación de vigas profundas en la losa de fundación puede mejorar la estabilidad y resistencia estructural. La incorporación de vigas profundas en una losa de fundación aumenta la capacidad portante del suelo, especialmente en suelos de baja resistencia como los encontrados en Cochabamba. Las vigas profundas actúan redistribuyendo las cargas de manera más eficiente, ampliar la superficie de contacto con el suelo y minimizando los asentamientos diferenciales. Su diseño debe considerar una relación entre el canto y el ancho que garantice una distribución homogénea de las tensiones, y el dimensionamiento adecuado de estas vigas es fundamental para garantizar la estabilidad estructural a largo plazo.

5.3. Utilización de losas postensadas

Las losas postensadas ofrecen una solución eficaz para mejorar la rigidez y la resistencia de las fundaciones superficiales en suelos de baja

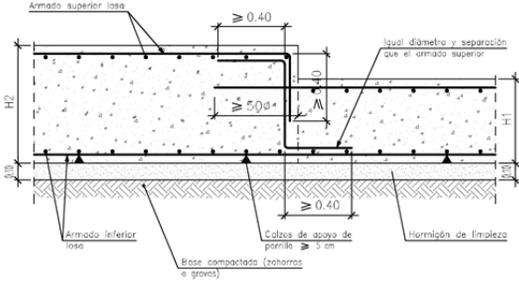


Figura 04

Aumento superior del canto de cimentación para paliar la sobre exigencia del suelo

Fuente: Modificado de los detalles constructivos del programa Cypecad

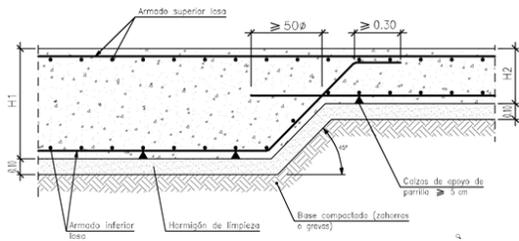


Figura 05

Fuente: Modificado de los detalles constructivos del programa Cypecad

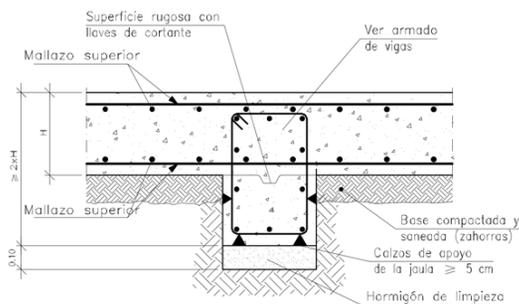


Figura 06

Incorporación de viga de fundación del doble del canto de la cimentación

Fuente: Modificado de los detalles constructivos del programa Cypecad



Figura 07

Losas de fundación postensadas en la ciudad de Oruro, Bolivia

Fuente: *propia*, 2018

resistencia, distribuyendo uniformemente las cargas y reduce los riesgos de deformaciones diferenciales. Las losas postensadas son una alternativa innovadora y efectiva para la construcción de fundaciones en edificaciones, ofrece las mismas numerosas ventajas en términos de resistencia, durabilidad y eficiencia constructiva. Aunque tradicionalmente se utilizaron en la construcción de losas de entrepiso y puentes, su aplicación en fundaciones superficiales ha ganado popularidad debido a sus beneficios potenciales en términos de distribución de cargas, reducción de deformaciones y aceleración del proceso constructivo.

Las losas postensadas están compuestas por tendones de acero de presfuerzo que han sido colocados estratégicamente dentro del hormigón de manera previa. Estos tendones se tensarán después que el hormigón haya sido vertido y el mismo haya llegado a su resistencia de diseño, lo que genera una fuerza de compresión interna que mejora la resistencia y rigidez de la losa por el apalancamiento interno que se genera, que predispone al hormigón pretensado a recibir las cargas de la superestructura. Debido a la mejora en la capacidad de carga proporcionada por el postensado, las losas postensadas pueden tener espesores menores en comparación con las losas convencionales, lo que resulta en ahorros de materiales y costos de construcción, a partir del punto de la flexión que se genera en las losas e igual manera palia el esfuerzo de corte por flexión, pero no así el de punzonamiento. El postensado introduce fuerzas de compresión en la losa que mejoran significativamente su rigidez y capacidad de carga. Esto no solo reduce las deformaciones, sino que también minimiza los asentamientos diferenciales, un problema común en suelos de baja resistencia. Al mantener la losa comprimida, se incrementa su resistencia a la fisuración y se optimiza la capacidad de soportar cargas dinámicas, como las inducidas por eventos sísmicos o por la variación en el nivel freático. El postensado proporciona una mayor resistencia y rigidez a la losa, lo que permite soportar cargas más pesadas y resistir mejor los esfuerzos sísmicos y de viento. La prefabricación de los tendones y la capacidad de trabajar en condiciones controladas en el sitio de construcción pueden acelerar el proceso constructivo, reduce los tiempos de ejecución y los costos asociados. La reducción de deformaciones y la mejora en la distribución de cargas pueden disminuir la necesidad de mantenimiento a largo plazo, lo que resulta en ahorros adicionales durante la vida útil

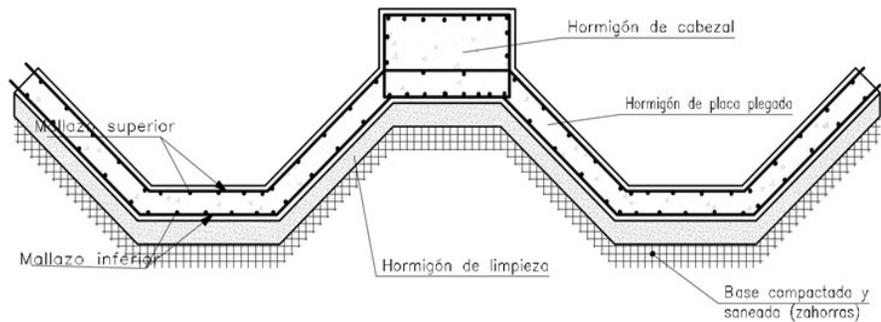


Figura 08

Incorporación de placas plegadas prismáticas en la cimentación

Fuente: Propia

de la estructura. Las losas postensadas ofrecen flexibilidad en el diseño, lo que permite adaptarse a diferentes condiciones del suelo y requisitos de carga sin comprometer la seguridad o la eficiencia estructural. Por lo antes expuesto las losas postensadas pueden generar ahorros a largo plazo debido a su menor mantenimiento, pero no podemos negar que el costo inicial de materiales y mano de obra puede ser mayor en comparación con las fundaciones convencionales, pues estas no sufren de fisuración al estar comprimidas en todo momento.

5.4 Adopción de Fundaciones con Placas Plegadas

Las fundaciones con placas plegadas ofrecen una alternativa económica y eficaz para aumentar la capacidad de carga y la estabilidad lateral en suelos de baja resistencia, proporcionar una distribución uniforme de las cargas y minimizando los efectos de la carga adicional en el suelo del predio vecino. Dan por lo tanto una mayor estabilidad en suelos problemáticos, reduce así los riesgos de deformaciones y fallas estructurales.

Las placas plegadas hormigonadas en sitio son una solución innovadora y efectiva para la construcción de fundaciones en edificaciones. Estas placas ofrecen una serie de ventajas en términos de distribución uniforme de cargas, resistencia estructural y eficiencia constructiva. Las placas plegadas como su nombre lo indica presentan un diseño plegado que consiste en una serie de celdas alveolares que proporcionan resistencia y estabilidad a la placa. Este diseño permite una distribución uniforme de cargas a lo largo de toda la superficie de la fundación, lo que reduce los puntos de concentración de tensiones y minimiza los asentamientos diferenciales. El acero de refuerzo incorporado y el diseño estructural de las placas proporcionan una mayor resistencia y estabilidad a la fundación, lo que garantiza su capacidad para soportar cargas pesadas y resistir movimientos del suelo sin tener dependencias de elementos externos tales como placas prefabricadas o pilotes, lo que simplifica el proceso constructivo y reduce los costos asociados.

5.5 Consideración de Fundaciones Profundas

En casos donde las condiciones del suelo no permiten la utilización de fundaciones superficiales adecuadas, se pueden considerar opciones de fundaciones profundas, para proporcionar una base estable y resistente, pues la rigidez de la fundación tiene su sustento en que el asentamiento máximo permitido es del 1% del diámetro del pilote, lo cual en un diseño adecuado nos da un elevado aumento de la rigidez de la fundación. Cuando se enfrenta a suelos de alta deformabilidad, como aquellos con baja

resistencia o suelos expansivos, las fundaciones profundas se convierten en una opción a considerar. Estas fundaciones son estructuras que mandan las cargas de la superestructura a profundidades significativas por debajo de la superficie del suelo para alcanzar capas de suelo con mejores condiciones de estabilidad y capaces de soportar las cargas estructurales. Esto les permite distribuir las cargas de manera más uniforme y reducir los riesgos de asentamientos excesivos lo cual garantiza una mayor estabilidad estructural y reduce el riesgo de movimientos diferenciales que podrían causar daños a la edificación. Las fundaciones profundas pueden soportar cargas estructurales más exigentes debido a su mayor área de contacto con el suelo a lo largo de ellas y su capacidad para llegar a capas más resistentes del suelo. Esto las hace ideales para edificaciones de varios pisos o estructuras con cargas concentradas. Cabe indicar que las fundaciones profundas son altamente adaptables a una variedad de condiciones del suelo. Pueden utilizarse en suelos blandos, suelos expansivos, suelos con alto contenido de agua u otros tipos de suelos problemáticos. Dentro de estas fundaciones profundas en la construcción de las edificaciones se tienen a los pilotes, micropilotes y las tablas estacas.

Pilotes: Son elementos estructurales cilíndricos, generalmente de concreto, acero o madera, que se hincan o perforan en el suelo para transferir cargas de una estructura a capas más profundas y resistentes del terreno.

Micropilotes: Son pilotes de pequeño diámetro (generalmente menos de 300 mm), empleados en espacios reducidos o para refuerzos de cimentaciones existentes. Su instalación suele implicar perforación y la inyección de lechada de cemento.

Tablaestacas: Son elementos verticales, de acero o madera, utilizados para formar muros de contención en excavaciones o taludes. Se interconectan para crear una barrera continua que retiene el suelo y resiste las presiones laterales.

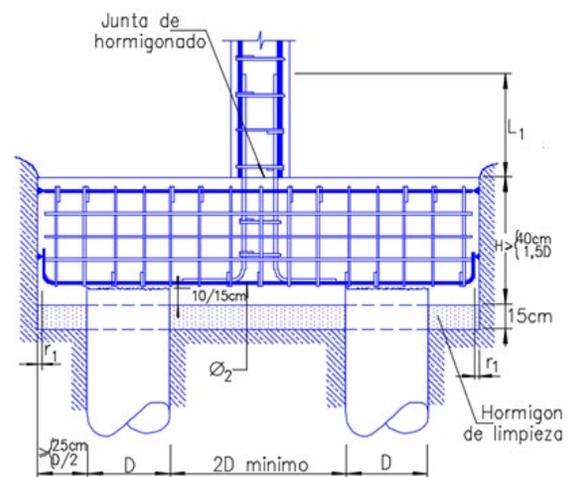
Conclusiones

La capacidad portante se refiere a la cantidad máxima de carga que el suelo puede soportar sin fallar o deformarse excesivamente. En suelos de baja resistencia, como los encontrados en Cochabamba, la capacidad portante es limitada, lo que puede llevar a fallas estructurales si no se toman las precauciones necesarias (Bowles, 1996).

La conceptualización arquitectónica de edificios apoyados en los límites del terreno en los suelos con capacidad admisible igual o menor a 1 kg/cm², debe ser analizada con mucho rigor y lógicamente no permitir el

Figura 09

Incorporación de fundaciones profundas en la cimentación
Fuente: Modificado de los detalles constructivos del programa Cypecad



apoyo entre edificios con suelos con dichas características garantizaría que no se presenten las anomalías planteadas y esta opción debería ser analizada por los colegios de profesionales competentes, al igual que las autoridades responsables de la aprobación de edificaciones.

Se debe llamar la atención de las profesiones del área de la construcción, de las universidades, de las instituciones municipales y gubernamentales de la ciudad de Cochabamba, como de Bolivia en general para que nos suceda un fenómeno como el ocurrido en el sismo de Turquía, pues la cantidad de construcciones que se realizan en la ciudad de Cochabamba sin la intervención de profesionales cualificados es impresionante, construcciones que fácilmente pueden tener el problema descrito en este artículo y el desconocimiento de este problema por parte profesionales del área de ingeniería civil es aún peor y lamentablemente, pues no solo queda el problema en la anomalía impuesta sino que es una anomalía latente a recrudecerse o presentarse en cualquier momento en el quehacer profesional pues si intervenimos en una construcción aledaña una losa de fundación de canto delgado que pertenece a un edificio construido apoyado en el límite de su propiedad y dicho apoyo es colindante a nuestra excavación vamos a ser causantes de la detonación de la anomalía impuesta a dicho edificio y deberíamos tomar todos los recaudos necesarios de ejecutar una obra de contención previa a la excavación con la consideración de la sobrepresión existente, pues nuestra intervención colocaría en riesgo estructural a la edificación vecina sin ser responsables de las malas actuaciones que antecedieron a la conceptualización y construcción de la losa de fundación vecina. Razón por la cual podemos considerar a esta anomalía un cáncer a la espera de su detonante dentro del campo de la patología estructural.

Las fundaciones en suelos de baja resistencia requieren soluciones específicas para garantizar la seguridad estructural a largo plazo. Al adoptar mejores prácticas de diseño y realizar estudios geotécnicos detallados, se pueden evitar los errores comunes que resultan en asentamientos diferenciales y fallas estructurales. La implementación de soluciones como las losas postensadas y las fundaciones profundas no solo mejora la capacidad de carga de las estructuras, sino que también reduce significativamente el riesgo de asentamientos diferenciales y fallas estructurales, especialmente en zonas urbanas de Cochabamba con suelos de baja resistencia. Al adoptar estas tecnologías, los diseñadores pueden asegurar una mayor durabilidad y estabilidad de las edificaciones, mitigar los efectos de cargas dinámicas y geotécnicas adversas.

Los constructores de nuevos edificios ubicados al lado de edificios con columnas ubicadas en los límites de la losa de fundación deben tomar en cuenta que la solitud en el suelo está sobre exigida y que la posibilidad de infringir daño al edificio preexistente es demasiado grande, por lo que deberán realizar apantallamientos que garanticen que la fundación vecina no sea afectada a corto, mediano y largo plazo.

En muchos países desarrollados, como Estados Unidos y Australia, el uso de losas postensadas en fundaciones ha ganado terreno debido a su capacidad para distribuir cargas de manera uniforme y reducir las deformaciones diferenciales. Según un estudio realizado por el Post-Tensioning Institute (PTI), se estima que más del 30% de las fundaciones en áreas urbanas con suelos problemáticos utilizan losas postensadas debido a su eficacia en suelos de baja resistencia (PTI, 2020).

Las losas postensadas ofrecen ventajas significativas, incluyendo la reducción del espesor necesario de la losa, lo que a su vez disminuye los costos de materiales y tiempo de construcción. En comparación con las fundaciones tradicionales, las losas postensadas también proporcionan una mayor resistencia a los movimientos del suelo y los efectos sísmicos, reduce el riesgo de fallas estructurales.

Un estudio reciente del National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) muestra que aproximadamente el 40% de las edificaciones en el sur de los Estados Unidos, donde los suelos expansivos son comunes, han adoptado losas postensadas en fundaciones para mitigar los riesgos asociados con los asentamientos

diferenciales (NRMCA, 2021). En Australia, esta cifra es aún mayor, alcanza un 60% en algunas regiones con suelos de baja capacidad portante (Engineers Australia, 2020).

Dada la eficacia comprobada de esta técnica en otros países, su adopción en Cochabamba podría ofrecer una solución práctica y económica para mejorar la estabilidad de las estructuras en suelos de baja resistencia. Las losas postensadas no solo reducen el riesgo de fallas, sino que también optimizan el uso de materiales y el tiempo de construcción, lo que las convierte en una opción viable y sostenible.

Glosario

Asentamientos diferenciales: Son desplazamientos desiguales en diferentes puntos de la fundación de un edificio, causados por variaciones en la capacidad portante del suelo. Los asentamientos diferenciales pueden generar grietas y deformaciones estructurales.

Cantos delgados: Se refiere al espesor reducido de las losas de fundación. Cuando el canto de la losa es insuficiente, la fundación puede no tener la rigidez necesaria para soportar las cargas estructurales, lo que incrementa el riesgo de asentamientos diferenciales y fallas estructurales.

Estabilidad lateral: Se refiere a la capacidad de una estructura para resistir fuerzas que intentan hacerla volcar o deslizarse lateralmente. En fundaciones con cantos delgados y suelos de baja resistencia, la falta de rigidez puede comprometer esta estabilidad.

Fundaciones con placas plegadas: Estas son fundaciones innovadoras que distribuyen las cargas de manera más eficiente mediante un diseño plegado o alveolar. Este tipo de estructura proporciona mayor rigidez y estabilidad, especialmente en suelos problemáticos.

Fundaciones profundas: Son cimentaciones que transmiten las cargas a capas más profundas y resistentes del suelo. Se utilizan en casos donde los suelos superficiales no tienen suficiente capacidad portante, como en suelos limo-arcillosos o arcillo-limosos.

Fundaciones superficiales: Son un tipo de cimentación donde las cargas estructurales se transmiten al suelo cercano a la superficie.

Losas postensadas: Son losas reforzadas con cables de acero tensados después de que el concreto ha fraguado. El postensado introduce fuerzas de compresión, lo que mejora la rigidez y la capacidad de carga de la losa, reduce el riesgo de fisuración y asentamientos diferenciales.

Patologías estructurales: Se refiere a las anomalías y defectos que afectan a una estructura, compromete su funcionalidad y seguridad.

Suelos de baja resistencia: Son suelos que no pueden soportar grandes cargas estructurales sin sufrir deformaciones significativas.

Vigas profundas: Elementos estructurales que se añaden a las fundaciones para aumentar su capacidad de carga y mejorar la distribución de esfuerzos al suelo. Su función es incrementar la rigidez de la fundación, reduce el riesgo de deformaciones y mejorar la estabilidad de la estructura.

Referencias



- Antezana, F. P., Salinas, C. N. A., & Torres Navarro, J. (2021). *Integrated characterisation and analysis of landslide areas combining Finite Elements Method modelling and Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) techniques applied to Taquiña Basin in Cochabamba-Bolivia*. International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. <https://www.issmge.org/publications/publication/integrated-characterisation-and-analysis-of-landslide-areas>
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation analysis and design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Calavera, J. (1991). *Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón armado*. Intemac.
- Das, B. M. (1999). *Principios de ingeniería de cimentaciones*. Cengage Learning.
- Engineers Australia. (2020). *The Use of Post-Tensioning in Building Foundations in Australia*. <https://www.engineersaustralia.org.au>
- Eng-Tips. (2020). *Soil investigation in Cochabamba, Bolivia*. Geotechnical Engineering General Discussion Forum. <https://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=472507>.
- National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA). (2021). *Concrete Foundations in Expansive Soils*. <https://www.nrmca.org>
- Pazzi, V., Del Soldato, M., Song, C., Yu, C., Li, Z., & Cruz, A. (2021). *InSAR, seismic noise, and geotechnical data to assess landslide activity and geometry: the Villa de Independencia (Cochabamba, Bolivia) case study*. EGU General Assembly 2021. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-12300>
- Peck, R. B. (2002). *Foundation engineering*. Limusa.
- Post-Tensioning Institute (PTI). (2020). *Post-Tensioned Concrete in Urban Foundations*. <https://www.pti.org>
- Tomlinson, M. J. (2002). *Diseño y construcción de cimientos* (6th ed.). Pearson Prentice Hall.

A2

Revitalizando la "ciudad de las flores" (Tiquipaya) a través del "mercado barrial"

Giovanni **Cabrera Villarroel**

Cochabamba • **Bolivia**
giovanni.cabrera.arq20@gmail.com

Camila Nicole **Araníbar Torrez**

Cochabamba • **Bolivia**
aranibartorrez.camila@gmail.com

Resumen PISO PORCELANATO

En el corazón de Tiquipaya, la Ciudad de las Flores, emerge un nuevo latido: el Mercado Barrial, un homenaje arquitectónico que une tradición y tecnología. Este proyecto, más que un espacio comercial, es un entramado de identidad, cultura y sostenibilidad que revitaliza el centro histórico bajo una visión ecosocial. El diseño, basado en un análisis profundo del sitio y sus usuarios, prioriza las necesidades comunitarias y la sostenibilidad. Con la metodología de morfosíntesis regenerativa, se integran espacios públicos accesibles, tecnología eficiente. El mercado, como un árbol enraizado, se erige sobre una estructura metálica expuesta que brinda funcionalidad y belleza. Sus cuatro columnas de acero, esbeltas y firmes, sostienen una cubierta que interactúa con el entorno: recoge agua pluvial, ilumina con luz natural y ventila de manera eficiente. Estas soluciones reflejan el respeto por la naturaleza y el equilibrio con el entorno. Organizado en pasillos que evocan una "espina de pez", el mercado invita al recorrido y al encuentro. Desde puestos de frutas hasta áreas de comida, cada rincón celebra la vida cotidiana con colores, aromas y conversaciones. El Mercado Barrial promete devolver a Tiquipaya su esencia: revitalizar el espacio público, donde las tradiciones florecen y las comunidades retoman sus lazos.

Palabras clave: *Identidad cultural, Morfosíntesis regenerativa, Espacios públicos, Mercado Barrial*

Abstract

In the heart of Tiquipaya, the "City of Flowers," the Neighborhood Market blends tradition and technology, revitalizing the historic center with an ecosocial vision. The design, based on thorough site and user analysis, focuses on community needs and sustainability through regenerative morphosynthesis. The exposed steel structure, with its four columns and responsive roof, collects rainwater, maximizes natural light, and ensures ventilation, harmonizing with the environment. Organized with "fishbone" pathways, the market promotes movement and connection, celebrating daily life through vibrant stalls and food areas. It restores Tiquipaya's essence as a lively public space, renewing traditions and community bonds.

Keywords: *Cultural identity, Regenerative morphosynthesis, Public spaces, Neighborhood Market*

AXONOMETRICA
ESTRUCTURA PUNTO
CRÍTICO - ESC. 1:45

Introducción

Los mercados son los lugares donde sucede la vida, según la sociobiología, los mercados son lugares de ebullición, comparables con el estómago de un cuerpo humano. Al igual que otros elementos urbanos, como el palacio (cerebro) y las casas (pies y manos), el mercado representa el centro de actividad y dinamismo, siendo un espacio vital para la interacción social y económica (Parada, 2021).

Los mercados públicos tradicionales, según Daniel R. Martí Capitanachi, son mucho más que lugares de intercambio económico; son espacios donde convergen dinámicas sociales, culturales e históricas. En ellos, no solo se venden bienes, sino que también se crean relaciones humanas y se forman identidades colectivas. Martí Capitanachi destaca que estos mercados se convierten en dispositivos simbólicos esenciales dentro de las ciudades, influyendo en la configuración de los imaginarios urbanos (Capitanachi, 2018).

Las ferias o mercados tradicionales en el Altiplano son fundamentales para la economía de los pueblos, especialmente para la población campesina. Estas ferias moldean las particularidades de cada espacio socioeconómico y, en algunos casos, son clave para el desarrollo del pueblo y el intercambio comercial (Bernabé, 2003).

Los espacios públicos desempeñan un papel fundamental en la vida comunitaria, ya que facilitan la realización de actividades diversas y propician encuentros espontáneos entre las personas. Un diseño urbano enfocado en las necesidades humanas no solo mejora la habitabilidad de las ciudades, sino que también contribuye a su sostenibilidad y salud general. Este enfoque prioriza la interacción social y la calidad de vida en los entornos urbanos, consolidando los espacios públicos como elementos clave para el bienestar colectivo (Gehl, 2010).

El Mercado Central de Tiquipaya presenta deficiencias en infraestructura y salubridad, lo que dificulta las actividades comerciales y la interacción social. Estas carencias afectan tanto la funcionalidad del espacio como la experiencia de los usuarios, reduciendo su habitabilidad y el potencial del mercado como un centro económico y social importante para la comunidad.

El mercado barrial es crucial en el entorno urbano, proporcionando acceso a productos frescos y bienes esenciales, además de ser un espacio de interacción social y cultural que refuerza el sentido de pertenencia y cohesión social. Se consolida como un núcleo vital para la economía local y la comunidad. Este trabajo tiene como objetivo abordar estas cuestiones.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un proyecto urbanístico, arquitectónico y tecnológico "mercado barrial" que impulse la revitalización de Tiquipaya, "la ciudad de las flores", con un enfoque ecosocial, centradas en las personas y con consideraciones económicas que fortalezcan la cohesión comunitaria y la calidad de la relación de las personas con su entorno histórico.

Objetivos específicos

Analizar las características clave del sitio de intervención, incluyendo elementos naturales y modificados, para comprender su identidad y diferenciación.

Explorar las potencialidades y limitaciones del emplazamiento considerando su entorno físico, normativo, urbano y socioeconómico, proponiendo acciones que fortalezcan el proyecto arquitectónico.

Comprender las necesidades, expectativas y deseos de los usuarios para orientar el diseño del proyecto en función de su contexto y realidad.

Formular principios de diseño urbano, arquitectónico y tecnológico que integren las características del sitio con las necesidades de los usuarios, demostrando el impacto potencial de la propuesta en el entorno y la comunidad.

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el distrito 4 del municipio de Tiquipaya, provincia de Quillacollo, departamento de Cochabamba, con una población de 10,867 habitantes y una densidad de 1,695.33 hab/km².

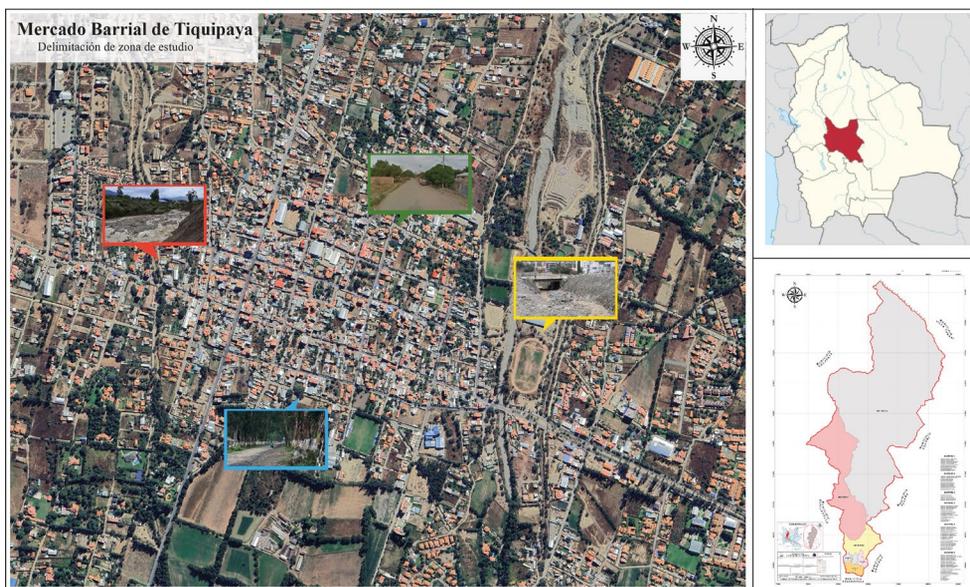


Figura 01
Plano de ubicación de intervención
Fuente: propia

PERFIL DEL PROYECTO	ETAPA ANALITICA	ETAPA DE CONCEPTUALIZACIÓN	ETAPA DE PROPUESTA	ETAPA PROYECTUAL
<ul style="list-style-type: none"> - Identificación del problema - Antecedentes - Definición del tema - Objetivos y alcances - Posibles soluciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Inventario del sitio - Análisis del sitio - Estudios del sitio - Análisis específico del sitio - Análisis del usuario - Fuerzas del lugar - Síntesis 	<ul style="list-style-type: none"> - Marco teórico general - Marco teórico específico - Historia del lugar - ¡Ajá! Momento (palabras clave) - Posibles soluciones - Sustento teórico - Análisis de referentes - Normativa municipal - Organograma - Organigrama 	<ul style="list-style-type: none"> - Premisas de diseño - Políticas y estrategias - Partido de diseño morfológicos - Modulación, malla reticular - Proyecto básico - Programa - Brújula de valores - Anteproyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Memoria tecnológica - Gestión del proyecto - Presupuestos - Ficha ambiental <p>CONSOLIDACIÓN DEL PROYECTO: MERCADO BARRIAL PARA TIQUIPAYA</p>

Tabla 01

Etapas del proceso de diseño del proyecto de grado

A nivel macro, está delimitada por el río Khora al este, el río Tolavi al oeste, la avenida Circunvalación al norte y la transición entre área urbana y rural-agrícola al sur. A nivel micro, los límites son la avenida Reducto al oeste, la avenida Cochabamba al sur, la calle Junín al este y la calle Cullavi al norte (Figura 1).

Metodología

El proceso de diseño y las etapas metodológicas se desarrollaron con base en la propuesta de Aranibar y Cabrera (2023), bajo la aceptación, guía y tutoría del Taller de Diseño V, Línea 'A', de la carrera de Arquitectura de la FAyCH-UMSS, como se resume en la Tabla 1.

Enfoque y lineamientos para el diseño

La metodología utilizada, basada en la "morfosíntesis regenerativa ecosocial" (García, 2023), integró arquitectura, urbanismo y tecnología, buscando revitalizar el sitio con mínimo impacto ecológico, alta eficiencia energética y baja huella ambiental, promoviendo entornos sostenibles y socialmente equitativos.

El diseño, realizado en diez meses durante 2023, incluyó tres meses de análisis y entrevistas para comprender las costumbres y modos de vida de la población objetivo. El proceso de diseño fue no lineal, permitiendo retroalimentación entre etapas para asegurar un desarrollo coherente.

La etapa analítica se organizó en tres pasos: visitas periódicas al sitio, creación de un inventario detallado de los componentes naturales y artificiales, y análisis de estos en relación con las necesidades de los usuarios.

Este estudio de campo, basado en observación directa (Gallardo, 2015), proporcionó información valiosa, organizada en láminas temáticas.

Análisis del área de emplazamiento

Se llevó a cabo un análisis del sitio, cuyo propósito era de identificar el *genius loci* o "fuerzas del lugar", es decir, aquellos elementos tanto naturales como intervenidos que definen las características del entorno y poseen el potencial de influir positivamente en su desarrollo (Norberg-Schulz, 1979). Para comprender los elementos que componen el sitio, se clasificaron en dos categorías, mediante una tabla de resumen: naturales y modificados.

Los componentes naturales son todos aquellos elementos que no hayan tenido alguna intervención de la mano de hombre (bióticos y abióticos) mientras que los componentes modificados son aquellos que han surgido bajo la intervención de la mano del hombre (infraestructuras).

TIPO DE USUARIO	LISTADO DE PREGUNTAS
Comprador: Amas de casa, Adultos mayores niños y jóvenes en etapa escolar	¿Con qué frecuencia realiza las compras en el mercado central de Tiquipaya?
	¿Cómo describiría su experiencia al realizar las compras en el mercado central de Tiquipaya?
	Mencione cinco aspectos positivos y cinco aspectos negativos del mercado central del Tiquipaya
	¿Asiste con regularidad a la feria dominical en la Av. Reducto? ¿Cuáles son sus opiniones respecto al mercado emergente?
Comerciante, mesa directiva del mercado central de Tiquipaya y personal de intendencia	¿Cuál es su percepción respecto a su lugar de trabajo en el mercado central de Tiquipaya?
	¿Si pudiera mejorar algún aspecto del mercado central de Tiquipaya cual sería? y ¿por qué?
	Realice un debate entre sus compañeros de trabajo luego elabore un listado de necesidades insatisfechas en su fuente de trabajo del mercado central de Tiquipaya
	¿Cuál es su postura respecto al mejoramiento de la infraestructura del mercado central de Tiquipaya?
	Califique la relación y gestión respecto de la alcaldía municipal de Tiquipaya con el mercado central
	¿Cuál es su visión ideal respecto al centro histórico de Tiquipaya en relación al mercado central?
Presidente OTB y vecinos	¿Cuáles considera que son los factores problemáticos que afectan al barrio y al mercado central de Tiquipaya?
	¿Cómo califica la infraestructura urbana del centro histórico y el entorno relacionado al mercado central de Tiquipaya?
	¿Existe alguna cooperación entre comerciantes del mercado central de Tiquipaya y de la feria dominical de la Av Reducto? En caso de no existir cooperación ¿cuáles podrían ser los motivos?

Tabla 02

Usuarios principales y preguntas

Análisis del usuario

La relevancia del proyecto reside, en gran parte, en la claridad al momento de conocer la realidad de los usuarios, para dicho propósito y aproximación a estos se llevaron a cabo entrevistas estructuradas individuales, preguntas abiertas, transversales, contando con un total de 10 preguntas por cada usuario (Tabla 2).

Análisis de Referentes urbanos, arquitectónicos y tecnológicos

Se llevó a cabo un estudio y valoración de referentes urbanísticos, arquitectónicos y tecnológicos para comparar problemáticas, contextos y soluciones, relacionándolas con el proyecto y considerando las disposiciones y limitaciones sobre coeficientes de ocupación del suelo, retiros perimetrales, distribución de ambientes y altura de edificaciones según la normativa vigente a nivel internacional, nacional y municipal.

Criterios de diseño urbano, arquitectónico y tecnológico "premisas" para el "partido de diseño"

Con la información obtenida del análisis y características de sitio, análisis y necesidades de usuario y análisis de referentes es posible plantear un "partido de diseño", que se refiere a la idea base y estrategia principal de un proyecto arquitectónico, urbano o tecnológico. Representa la decisión inicial que guía y

COMPONENTES NATURALES	COMPONENTES MODIFICADOS
<p>COMPONENTES ABIÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura (máxima y mínima) - Clima (vientos predominantes, precipitaciones, etc.) - Asoleamiento (ángulo y azimut de, solsticios y equinoccio) - Topografía (relieve y características de superficie) - Hidrografía (cuerpos de agua: ríos, lagos, pantanos, etc.) <p>ORGANISMOS BIÓTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fauna (nativa y exótica) - Vegetación y flora (árboles, arbustos y cubre suelos) <p>EXPERIENCIAS PSICOSENSORIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visuales (desde y hacia el sitio) - Secuencias y recorridos espaciales - Percepciones - Sensaciones 	<p>MOVILIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accesibilidad - Vías (estructurantes, colectoras y servicio) <p>REDES DE INFRAESTRUCTURA</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones de agua potable - Instalaciones de alcantarillados - Instalaciones de desagüe pluvial - Instalaciones eléctricas e iluminación - Sistemas de telecomunicaciones (Teléfono, Wifi, etc) - Sistema de control y reciclaje de residuos sólidos <p>EQUIPAMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salud, Educación, Abastecimiento y Recreación - Tipologías y clasificaciones de edificaciones - Uso de suelos <p>EXPRESIONES SOCIO-ESPACIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tradiciones, cultura y costumbres - Normativas y reglamentos

Tabla 03

Componentes naturales y modificados para el análisis de sitio

estructura el diseño conceptual (Rossi, 1984); un proceso experimental de diseño y resolución de problemas respecto al ámbito urbano, arquitectónico y tecnológico. Con base en este partido, la premisa de diseño evoluciona de acuerdo a las necesidades del usuario, necesidades funcionales y estructurales, buscando la mejor opción para el contexto.

Resultados

Características del área de emplazamiento del Mercado central de Tiquipaya

Se identificaron elementos relevantes en el área de estudio a través de observaciones, clasificadas como componentes naturales y modificados (Tabla 3) que fueron útiles para la concepción del diseño integral, trabajando con un contexto existente.

El sitio de intervención tiene un clima templado-seco (PTDI Tiquipaya, 2021), aunque es una zona urbanizada, con un suelo muy nutrido adecuado para vegetación nativa exuberante (Molles, Algarrobos,

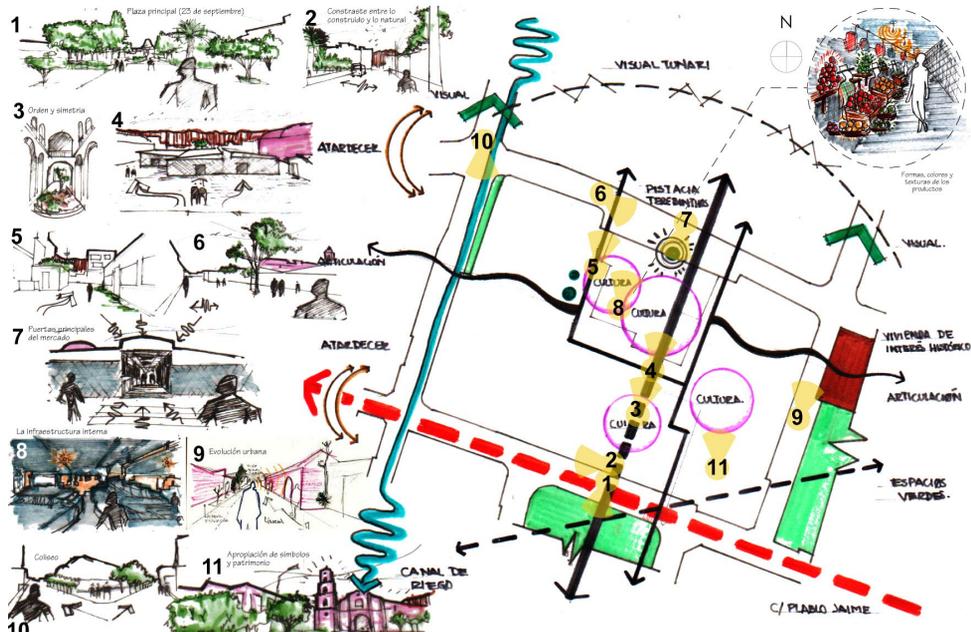


Figura 02

Análisis del contexto y mapa síntesis de "Fuerzas del lugar de Tiquipaya"

Fuente: Aranibar-Cabrera, 2023

Jacarandas, Paraísos y una variedad de cactáceas). Destacan las vistas hacia el norte, con el imponente Tunari, y hacia el noroeste, donde los atardeceres arrebolados evocan el nombre de "Ciudad de las Flores".

El mercado central, propiedad de los comerciantes, pero bajo jurisdicción municipal, se encuentra en un entorno urbano complejo rodeado por la alcaldía, la plaza principal, el coliseo municipal y la Iglesia San Miguel. Su emplazamiento en un terreno con una pendiente del 2,87% hacia el sur (Aranibar y Cabrera, 2023) condiciona la circulación y el diseño.

Los accesos compartidos enfrentan desafíos, como las barreras visuales y físicas del coliseo, el deterioro de la Iglesia San Miguel con bloques provisionales, y el uso del acceso desde la alcaldía como parqueo de vehículos pesados, agravando las condiciones precarias del mercado central, su infraestructura y su entorno (Figura 2).

Características del usuario: personales, económicas y culturales

Se realizó un análisis antropológico y etnográfico utilizando técnicas como foto palabra, observación participante directa y entrevistas semiestructuradas durante 12 días no consecutivos donde se llevó a cabo reuniones de socialización y entrevistas con autoridades, vecinos y comerciantes, enfocándose en sus actividades según el rubro.

Los datos recopilados permitieron estudiar el comportamiento de los usuarios en su interacción con el mercado y su entorno, organizándose en una tabla cruzada (Tabla 4) y representando gráficamente los problemas identificados desde su perspectiva (Figura 3).

El usuario principal del proyecto es la mujer Tiquipayaña, especialmente amas de casa y comerciantes, quienes juegan un rol esencial en la economía local, también se consideran usuarios clave a los adultos mayores, niños, jóvenes en etapa escolar, personal de intendencia y autoridades del mercado central y la OTB.

Comportamiento del usuario

En el mercado central, los comerciantes inician su jornada a las 5:00 am, transportando productos en vehículos rentados y acondicionando sus puestos para largas horas de trabajo. A pesar de las carencias de infraestructura y condiciones poco confortables, mantienen la energía característica de los mercados tradicionales.

Las amas de casa recorren los pasillos deteriorados en busca de los mejores productos, visitando con frecuencia a sus caseros o caseras con quienes han formado lazos de confianza. En algunos casos, los comerciantes reservan las mejores piezas de carne o las frutas más frescas para sus clientes habituales. Mientras los niños pequeños acompañan a sus madres tomados firmemente de la mano para evitar perderse, presenciando las disputas más irreverentes entre caseritos, cuando la madre selecciona los mejores productos desordenado toda la pila que la casera organizó en la mañana, cuando finalmente encuentra lo que busca pide rebaja y si no fuera suficiente pide la "yapa" la que por supuesto accede la caserita con tal de vender sus productos. Estas interacciones reflejan el alma vibrante de un lugar que merece ser revitalizado.

En los alrededores, la actividad no cesa. Niños y jóvenes, recién salidos de la escuela, se apresuran a visitar a sus madres dentro del mercado o a comprar algo rápidamente. A medida que avanzan las horas, el área de comidas se llena de comensales de todas las clases sociales. Allí, es común ver a un administrativo de la alcaldía compartir mesa con un albañil mientras conversan sobre fútbol y disfrutan un silpancho casero, reafirmando la esencia inclusiva y comunitaria del lugar.

TÉCNICA	DIRIGIDO A:	RESUMEN DE RESULTADOS
Observación	Amas de casas	No perciben grandes inconvenientes por el estado del mercado, pero señalan la falta de productos y los horarios limitados.
	Adultos mayores	Tienen dificultades para moverse por el área debido al mal estado de las calzadas y aceras, encontrando en la plaza principal el único espacio libre accesible.
	Niños y jóvenes en etapa escolar	No son conscientes de la falta de espacio público para recreación, ya que cuentan con instalaciones deportivas en sus colegios y barrios.
Entrevistas	Comerciantes y mesa directiva del mercado central de Tiquipaya	Expresan descontento por las malas condiciones de la infraestructura, desorganización de los puestos y escasa cooperación entre los sectores del mercado. Solo operan de día debido a la falta de mejores condiciones.
	Autoridades de la mesa directiva del mercado central	Sienten agotamiento y abandono al no recibir apoyo suficiente de las autoridades municipales.
	Personal de intendencia	Hay desconexión con los comerciantes, interactuando solo para resolver disputas.
	Presidente de la OTB	Expresa descontento y abandono por parte de las autoridades municipales en cuanto a la mejora del espacio público y los servicios básicos del distrito 4.

Tabla 04

Resumen de las características del usuario del mercado central de Tiquipaya (Cochabamba, Bolivia)

Sin embargo, el mercado enfrenta retos diarios. Por la tarde, el sol abrasador, las lluvias o los vientos fuertes disuaden a los clientes, y la falta de un sistema de iluminación adecuado obliga a cesar las actividades a las 5:00 pm. Los comerciantes recogen sus productos, cierran sus puestos con precaución para evitar robos o plagas, y realizan las cuentas del día, dejando todo listo para comenzar de nuevo al amanecer.

A pesar de las dificultades, los comerciantes han formado una pequeña comunidad que mantiene viva la tradición mediante reglamentos internos, festividades y jornadas de limpieza. Sin embargo, el deterioro del mercado ha provocado el vaciamiento de muchos puestos, que se han convertido en depósitos. Varios comerciantes se han trasladado a la feria dominical en la Avenida Reducto en busca de mayores oportunidades de venta, lo que pone en riesgo la vitalidad de este emblemático espacio.

El centro de Tiquipaya, consolidado alrededor de su plaza principal, destaca por su vitalidad y carácter tradicional (tabla 5). La Feria Dominical en la Avenida Reducto impulsa la economía local y tiene relevancia regional. Sin embargo, la escasez de espacios públicos fuera de la plaza plantea desafíos para la calidad de vida, especialmente para quienes dependen de estos espacios comunitarios (Tabla 6).



Figura 03

Análisis y caracterización del usuario

Fuente: Aranibar-Cabrera, 2023

CARACTERÍSTICAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE TIQUIPAYA			
Normativa	Socio-espacial	Económica	Ecológica
Se observan edificaciones de 3 a 4 niveles y la preservación de la morfología urbana en el casco histórico, destacando la torre como elemento clave. Sin embargo, no hay reglamentos específicos sobre diseño, señalética o preservación de la imagen urbana.	El área cercana a la plaza principal concentra actividades económicas, incluyendo servicios como la alcaldía, salud y educación. Las zonas periféricas mantienen actividad agrícola, con un desplazamiento de los estratos sociales hacia afuera del centro. Las periferias dependen del centro urbano por la falta de equipamientos y servicios.	La economía local depende de la feria dominical y el turismo. El Mercado Central de Tiquipaya no es un referente económico y a menudo está vacío. La feria dominical en la avenida Reducto tiene más de 600 puestos.	Hay debilitación ecológica debido a la contaminación en vertientes y lotes cercanos a la plaza. Falta conciencia ambiental para preservar la vegetación y los espacios vacíos urbanos. Los canales de riego están descuidados y silenciados dentro del municipio.

Tabla 05

Características del municipio de Tiquipaya, en los aspectos normativos, socio espaciales, económicos y ecológicos

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO URBANO		
Análisis urbano del contexto barrio-ciudad	Propuesta urbana y de vialidad	Diseño del borde urbano
<ul style="list-style-type: none"> - Sistema estructural - Historia - Tejido humano - Sistema espacial - Sistema funcional - Sistema cultural e identidad - Sistema ecosocial - Condiciones bioclimáticas y morfológicas urbanas - Análisis de sitio - Aspectos físico funcionales del espacio urbano 	<ul style="list-style-type: none"> • Articulada por una estructura vial de tipologías diversificadas (medioambiental apropiadas), valorando los recorridos característicos incrementando la permeabilidad del tejido. • El barrio – ciudad Reconcilia los vínculos con la naturaleza como elemento determinante en la configuración de la propuesta urbana. • El barrio – ciudad se descubre desde la esencia de los lugares vitales y el ambiente natural como elementos imprescindibles del diseño de la morfología del entorno. • Incremento de las condiciones actuales de mixidad residencial, funcional - estructural, y de espacio público. • El barrio concebido como variedad y complejidad de culturas y población propia de la vida urbana, contenedor de las dotaciones necesarias para el desarrollo y satisfacción de las necesidades básicas de sus habitantes. (abastecimiento, salud, educación, áreas verdes...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño urbano versátil: El diseño articula las claves de lugar, contexto y uso, promoviendo versatilidad y diversidad en las funciones del espacio urbano. • Riqueza del espacio público: El espacio público se enriquece al ofrecer experiencias multisensoriales que aumentan la percepción y conexión del usuario con el entorno. • Interacción en el borde urbano: Los bordes urbanos permiten la coexistencia de actividades privadas e interacciones públicas, fomentando vitalidad y diversidad en los usos. • Criterios de diseño en el espacio público: El diseño debe considerar la permeabilidad, variedad de actividades y facilidad de comprensión y uso del espacio, reforzando su identidad y funcionalidad. • Movilidad y paisajismo: Se promueve la integración de recorridos peatonales y ciclistas, con un enfoque en el tratamiento del paisaje y mobiliario urbano, potenciando la experiencia del usuario y la funcionalidad del entorno.

Tabla 06

Consideraciones para la propuesta de diseño urbano.

Fuente: Guía aprendizaje de Diseño Urbano y Taller de Graduación de Diseño Urbano, Jorge H. Canedo Mendoza

Diseño urbano aproximaciones al concepto del “barrio ciudad”

El diseño urbano, basado en el concepto de “barrio ciudad”, prioriza comunidades autosuficientes y caminables con usos mixtos, calles activas y vigilancia natural, fomentando la cohesión social y sostenibilidad.

Aprovecha las franjas de seguridad de las torrenteras Khora y Tolavi para crear corredores verdes y parques lineales que integren la naturaleza con la ciudad, mejorando la convivencia y el bienestar urbano. Las densidades proyectadas incluyen 120 Hab/Ha (30 familias) en baja densidad, 240 Hab/Ha (60 familias) en densidad media y 400 Hab/Ha (100 familias) en alta densidad, respetando la identidad del casco histórico y asegurando un crecimiento ordenado (Figura 4).

Se estableció un Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS) del 50% para construcciones y 50% para zonas libres, que incluyen huertos-jardín y espacios recreativos, asegurando al menos 10 m² de áreas verdes por residente. Además, una red vial integrada conecta Tiquipaya con Cochabamba, incorporando las torrenteras como parte del diseño, en lugar de barreras (Figura 4).

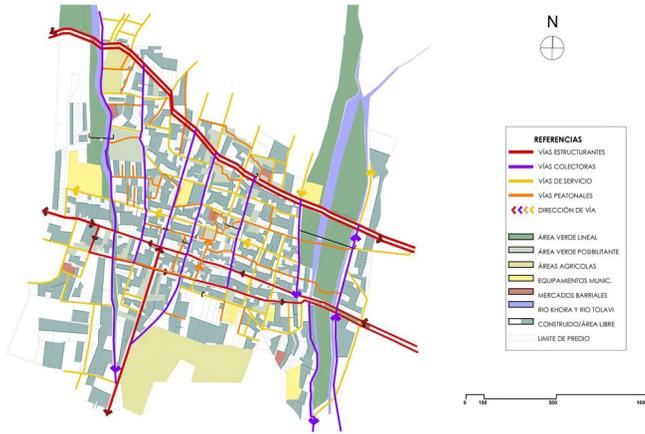


Figura 04

Plano de Vías, Áreas verdes, C.O.S., elaboración propia en base a resultados
Fuente: Diseño de intervención urbana (Araníbar y Cabrera, 2023)

La propuesta arquitectónica incluye un sistema de 'Mercados Barriales' con un radio de acción de cinco a seis cuadras (Figura 5), diseñado para crear centros de abastecimiento estratégicos que mejoren la accesibilidad y dinamicen la vida comunitaria en cada sector

El diseño de las calles circundantes al proyecto prioriza el espacio público y la seguridad peatonal, integrando aceras amplias y vías de 3 metros para vehículos, complementadas con estacionamientos intercalados con arboledas. Estas áreas están conectadas mediante cojines berlineses (Figura 6), favoreciendo una movilidad más segura y ordenada.

Además, el diseño del borde urbano, tanto en la escala micro como macro, se fundamenta en cuatro pilares clave (Tabla 7), alineados con guías de transformación de calles enfocadas en el peatón (Duncan, 2016) y respetando la normativa urbana vigente en Tiquipaya.

El mercado barrial se inserta óptimamente en la trama urbana, con accesos múltiples: al norte por la calle T. Torrico, al este por un pasaje de la iglesia de San Miguel, al oeste por la calle Beni y al sur por el atrio de la iglesia y la alcaldía, conectando con la plaza principal de Tiquipaya (Figura 5).

El diseño prioriza el espacio público como generador de vitalidad, aprovechando áreas libres alrededor del mercado para aumentar la capacidad de puestos de 206 a casi 400, incluyendo ambientes semicubiertos que reflejan la tradición de las ferias zonales en Tiquipaya. Las mejoras en las vías aledañas crean espacios peatonales seguros para adultos mayores, amas de casa y niños. Basado en cuatro pilares fundamentales, el diseño urbano fomenta la convivencia comunitaria y transforma la imagen urbana hacia un enfoque sostenible, integrando naturaleza y espacios libres en beneficio de los habitantes (Figura 4).

Diseño arquitectónico del mercado barrial

Las premisas de diseño empleadas se traducen en valores funcionales, valores espaciales, valores tecnológicos, valores ambientales, valores simbólicos, valores sociales y el más importante el valor eco-social.



Figura 05

Mapa del área de influencia de la red de mercados barriales (área de 5 a 6 cuadras), circunferencia central área de influencia del mercado propuesto
Fuente: Proyecto de grado mercado barrial (Araníbar y Cabrera, 2023)

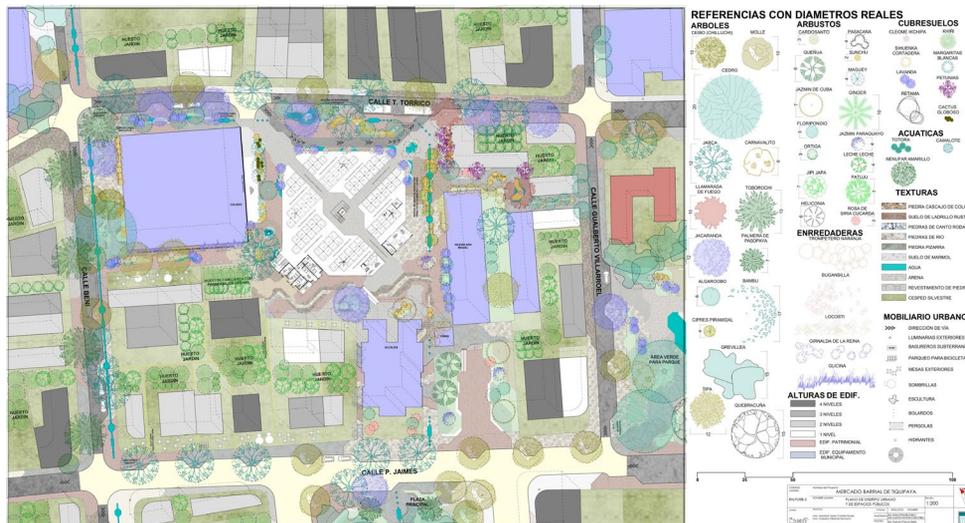
Tabla 07

Tabla criterios fundamentales tomados en cuenta para el diseño urbano, elaboración propia en base a resultados

RESUMEN DE FUNDAMENTOS RECTORES EMPLEADOS EN EL DISEÑO DEL BORDE URBANO				
PILAR	Puesta en valor del patrimonio arquitectónico y cultural	Accesibilidad y disminución del impacto negativo del coliseo municipal	Integración del hombre con la naturaleza mediante la ciudad	Implementación de una ocupación de suelo sostenible
RESULTADO	<ul style="list-style-type: none"> - La torre de la iglesia se convierte en núcleo organizador del espacio público y del mercado barrial. - Las viviendas patrimoniales se revitalizan con nuevos usos como "casas museo", tiendas y heladerías. - La altura del mercado se limita para respetar la preeminencia de la torre de la iglesia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevos accesos desde la iglesia y la torre mejoran la transitabilidad y el abastecimiento del mercado. - Retiros laterales del coliseo generan espacios accesibles para peatones y descongestionan las vías públicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Torrenteras de riego se integran en los espacios exteriores, fortaleciendo su función agrícola al sur. - Recorridos peatonales y transporte alternativo mejoran la salud y calidad del aire. - Incorporación de huertos jardín fomenta la interacción vecinal y mejora la salud a través de alimentos orgánicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de ocupación (0,5) permite espacios libres en cada predio, utilizados como parques, plazas y plazuelas. - El diseño busca equilibrar volumétricamente el manzano respetando la relación con la iglesia y la alcaldía.
SÍNTESIS	Torre como elemento neurálgico en la trama urbana	Trabajo integral de la morfología y lectura urbana	Enriquecer la cotidianidad del caminar con el espectáculo de la naturaleza	Devolver a Tiqipaya el sentido de comunidad entre sus habitantes

Figura 06

Propuesta de diseño del borde urbano y paisajístico del centro histórico de Tiqipaya, elaboración propia en base a referencia bibliográfica "Vegetación Nativa Ornamental de Bolivia"



Fuente: Diseño de borde urbano (Aranibar y Cabrera, 2023)

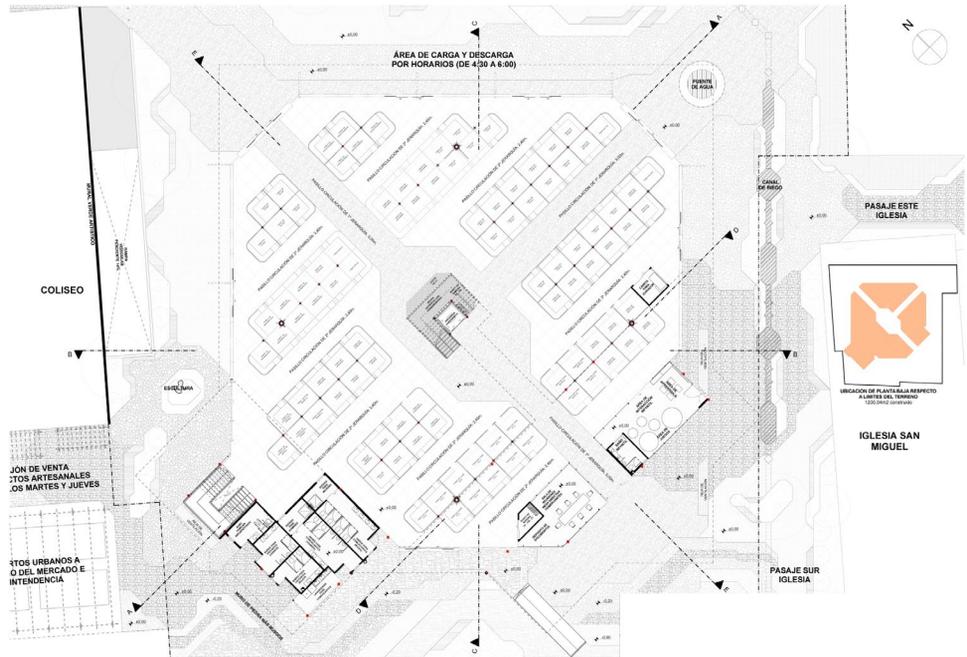


Figura 07
Planta baja y emplazamiento del mercado barrial de Tiquipaya
Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

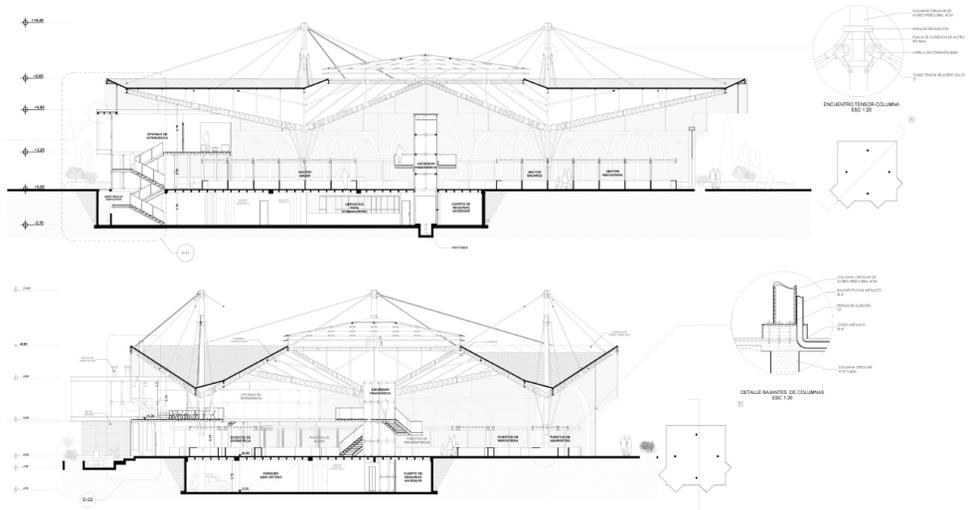


Figura 08
Cortes de sección y detalles constructivos
Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

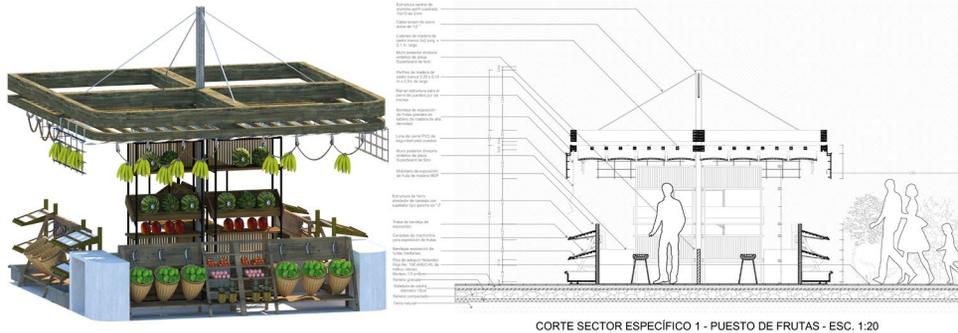


Figura 09

Diseño de puestos flexibles y adaptativos a los rubros del mercado barrial

Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

Una funcionalidad que responde a las necesidades de clientes y comerciantes, un espacio interior colectivo diseñado para generar una atmósfera confortable, y una estructura firme e imponente, destacada tanto por su planteamiento tecnológico como por su materialidad, asegurando su durabilidad en el tiempo.

La estructura expuesta del mercado se erige como el gran protagonista del proyecto, configurando un sistema funcional y robusto que satisface plenamente las demandas de los usuarios de un mercado tradicional.

El diseño arquitectónico del mercado barrial se basa en una comprensión profunda del lugar y las necesidades de los comerciantes, evitando el "conceptualismo" en favor de conceptos específicos y contextualmente relevantes (García, 2023). Este enfoque garantiza soluciones funcionales, estéticas y socialmente conectadas, superando los problemas de desconexión y rigidez asociados al conceptualismo. Combinados con teorías sobre la atemporalidad en el espacio arquitectónico (Méndez, 2020).

El diseño del mercado barrial enfrentó limitaciones de espacio debido a las edificaciones adyacentes, como la iglesia de San Miguel, la alcaldía y el coliseo municipal, que redujeron la superficie disponible (3700 m²). Para responder a este contexto, se desarrolló una red de accesos desde todas las direcciones, priorizando la accesibilidad y la permeabilidad.

La distribución funcional se organizó alrededor de la torre de la iglesia como eje principal, con puestos dispuestos en pasillos diagonales en forma de "espina de pez" (Figura 7). En la planta alta, se incluyeron oficinas de la intendencia y una plaza de comidas, esenciales para la identidad social y la vida comunitaria. Estas áreas, diferenciadas por su función, se conectan con la planta baja mediante dos escaleras, una panorámica al centro del mercado. Además, se integró un semisótano con parqueo vehicular, depósitos, y cuartos técnicos para el funcionamiento del mercado.

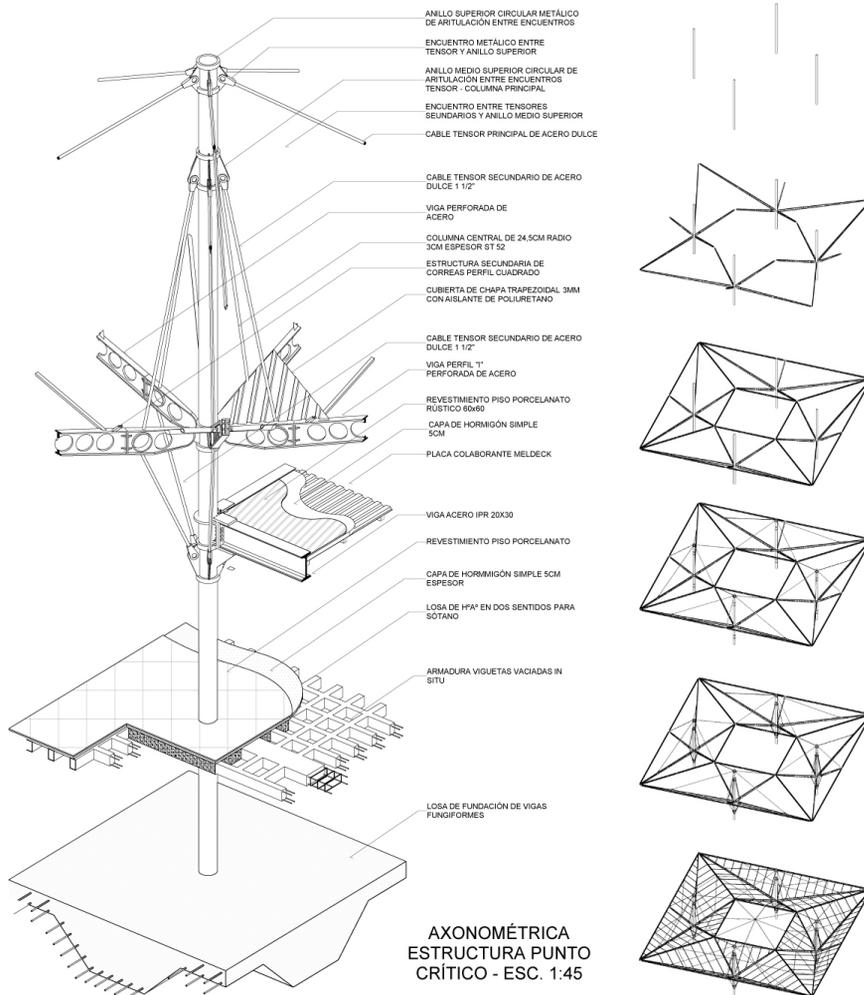
El interior del mercado (Figura 8) se diseñó con un sistema de cubiertas optimizado para las precipitaciones de la región y adaptado a la capacidad y actividades del espacio. La estructura, sostenida por cuatro apoyos de acero, maximiza el espacio interior y utiliza aberturas estratégicas y cerramientos horizontales para garantizar ventilación e iluminación natural, promoviendo el confort ambiental.

El diseño de los puestos de venta (Figura 9) responde a las necesidades de los comerciantes, organizándose por rubros, como frutas junto a verduras y repostería junto a abarrotes, con acceso directo a ingresos y salidas. Los puestos de carnes y alimentos perecederos se ubican al sur para evitar exposición al sol. Además, se incorporaron espacios exteriores para puestos semi cubiertos en días festivos o de feria, especialmente en la Avenida Reducto, complementando la funcionalidad del mercado barrial.

Figura 10

Vistas axonométricas de sistema estructural y sistema constructivo de la cubierta en secuencia

Fuente: Aranibar-Cabrera, 2023



Diseño tecnológico y soluciones estructurales

El diseño tecnológico y estructural prioriza la sostenibilidad y la eficiencia ambiental. El sistema constructivo de acero garantiza bajo costo de mantenimiento, reutilización de piezas y facilidad de traslado, extendiendo la vida útil. Además, se emplearon materiales locales como madera de eucalipto y piedra de la quebrada del río Taquiña, reutilizada tras la riada de 2018.

Se realizaron pre-dimensionamientos de estructuras resistentes y soluciones constructivas ingeniosas, considerando sistemas estructurales de "sección activa" y "forma activa" (Engel, 2001), además de cálculos para estructuras metálicas (Hart, et al. 1976). Todos estos términos se complementan en el campo de las ciencias exactas concretamente en la arquitectura, resolviendo los problemas y desafíos de diseño de manera eficiente y equilibrada

El diseño estructural incluye fundaciones fungiformes para distribuir correctamente las cargas y prevenir punzonamiento, complementado con un sistema de columnas, vigas y articuladores de acero IPR que cumplen con las normativas internacionales de acero estructural (Figura 10).

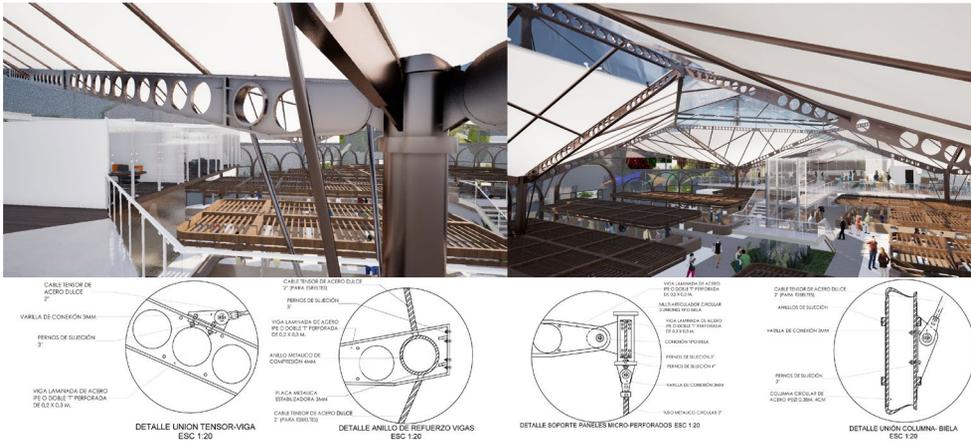


Figura 11
Vista de la estructura principal, columnas y vigas con detalles constructivos de los encuentros con el sistema de bielas
Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

SIMULACIÓN DE ESTRUCTURA - SAP 2000



Figura 12
Simulación de esfuerzos de la estructura en SAP2000
Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

La estructura cuenta con cuatro columnas de acero que sobresalen 8 metros, quedando 2 metros por debajo de la altura de la torre de la iglesia. Estas columnas sostienen una estereo-estructura híbrida, combinando "sección activa" y "forma activa", con tensores interiores para estabilizar frente a fenómenos de sotavento y contrapesos en los extremos de la cubierta, garantizando estabilidad y funcionalidad.

Las cubiertas inclinadas hacia el interior, canalizan el agua pluvial a través de bajantes en los cuatro apoyos para su almacenamiento y uso en el riego de espacios exteriores y las baterías de baños.

El diseño estructural emplea un sistema de "bielas" que conecta columnas de acero fundido con vigas de alma perforada (Figura 11). La factibilidad del diseño fue confirmada mediante simulaciones en SAP2000, con resultados positivos (Figura 12).

Los servicios básicos del mercado (baños, electricidad e instalaciones hidrosanitarias) se diseñaron para un aforo diario de 500 a 700 personas, cumpliendo con las normativas internacionales y locales vigentes sobre equipamientos urbanos. Se implementaron estrategias para gestionar residuos sólidos, incluyendo métodos de control, reciclaje y un sistema eficiente de recolección y circulación de basura.

Discusión

Voces y Sabores: El Impacto Integral en Tiquipaya a partir de su Mercado Barrial

El "Mercado Barrial de Tiquipaya" busca marcar un antes y después con su inserción, yendo más allá del abastecimiento, integrando sostenibilidad, identidad cultural y cohesión social para revitalizar el centro histórico. Basado en la filosofía "morfosíntesis regenerativa ecosocial" (Barros, 2023) del Taller V de la Línea "A" FAyCH-UMSS (2023), el proyecto refleja las necesidades y tradiciones de la comunidad, esto debido a

RESUMEN DE RESULTADOS			
ASPECTO	ANTERIOR AL DISEÑO	CONSIDERADO EN EL DISEÑO	
URBANO	Espacios públicos	El 92% del terreno está ocupado por el mercado y las funciones relacionadas con la alcaldía	El 37% de la superficie del terreno se constituye como área construida, dejando el 63% como espacio libre.
		El único espacio público disponible aledaño al mercado es la Plaza de Tiquipaya.	La ciudad es un escenario de espacios públicos en los que las personas disfrutan de su día a día con dignidad y seguridad.
	Accesibilidad	El acceso al mercado se da por la calle T. Torrico y por debajo de la alcaldía.	El mercado está totalmente articulado por sus 4 lados, permitiendo una permeabilidad urbana que genera vitalidad y acompaña la función.
	Relación del mercado con trama urbana	El mercado está casi oculto por el coliseo, la alcaldía y de igual manera lo está la torre.	El mercado no busca destacar en la trama urbana, sino insertarse y complementar positivamente el tejido, dándole valor a la torre de la iglesia.
Vialidad	Las calles son peligrosas, inseguras y sólo consideran al vehículo.	Las calles están pensadas 50% para el vehículo y 50% para las personas, a partir de ciclovías y corredores peatonales.	
ARQUITECTÓNICO	Condiciones del mercado	El mercado no cuenta con iluminación natural adecuada y presenta malos olores, hacinamiento y rechazo por parte de la población.	El mercado busca ofrecer la mejor experiencia a sus usuarios, destinando espacios para la interacción y concibiendo el alimento como el producto estrella.
	Cantidad de puestos	El mercado posee 169 puestos, contando solo con 106 puestos activos. La feria dominical considera 374 puestos con la participación del 100% de los comerciantes del mercado.	Se prioriza la cantidad de puestos existentes (106) pero se valora la tradición ferial y se considera 180 espacios para puestos semi cubiertos aledaños al mercado, activos en los días de feria.
	Ambientes disponibles	El mercado como ambientes servidores posee: baños poco salubres, intendencia aledaña, pero sin conexión y la gruta para el santo.	Considera: baños suficientes para la función del mercado, una plaza de comida para llevar la vitalidad dentro del establecimiento, ambientes adecuados y pertinentes para la función de la intendencia, conectores visuales atractivos, una gruta para el santo, espacio para el guardia, guardería para los niños.
	Funcionamiento	Tradicional, no invita al recorrido.	Diagonal, apuntando a la torre para seguir con los principios del diseño y las fuerzas del lugar, dejando pasillos amplios para la conversación entendiendo que es parte de la función de un mercado.
	Calidad espacial	Oscuro, con malos olores, poco salubre.	La tecnología y la cubierta permiten crear un interior atractivo, disfrutable para visitantes y comerciantes.
TECNOLÓGICO	Sistema estructural	Techo de calamina, columnas típicas de acero	Sistema diseñado exclusivamente para el mercado, considerando 4 puntos de apoyo para liberar la planta.
	Aprovechamiento pluvial	Cero aprovechamientos pluviales, inundaciones.	Bajantes que redirigen el agua hacia las columnas, que permiten el almacenamiento y aprovechamiento pluvial.
	Instalaciones	Inseguras, vistas y poco adecuadas con la función.	Calculadas de acuerdo al flujo, capacidad y la función, sin perder de vista el alcance barrial del proyecto.

Tabla 08

Tabla resumen de resultados

que su desarrollo partió de un análisis exhaustivo del sitio y sus referentes, logrando una comprensión profunda del "genius loci" o espíritu del lugar, como mencionan los arquitectos de la intervención en Rionegro - Colombia (Ortiz & Ali, 2020), el proyecto debe partir de entender los imaginarios colectivos, incentivar la participación comunitaria y co-creación, potenciar la identidad de los usuarios mediante aromas y colores.

El proyecto realizado por el estudio: Arqui-urbano Taller e IAA Studio (Ortiz & Ali, 2020) apuesta por una ciudad que le otorga al espacio público el valor más noble y relevante: el encuentro y la convivencia ciudadana. Al igual que este ejemplo de éxito que opta por el urbanismo táctico en río grande, el proyecto del "Mercado Barrial" responde a las necesidades expresadas por los usuarios, quienes advirtieron: "Estamos perdiendo Tiquipaya" y al profundo análisis y entendimiento de su más profundo deseo comunitario: la recuperación y dignificación de sus tradiciones. Cada elemento fue diseñado para integrarse plenamente en la funcionalidad arquitectónica, mejorar la experiencia espacial y recuperar tradiciones mediante la actividad de abastecimiento.

Figura 13

Vista área del mercado barrial en el centro histórico y vista del acceso norte con uno del mural temático



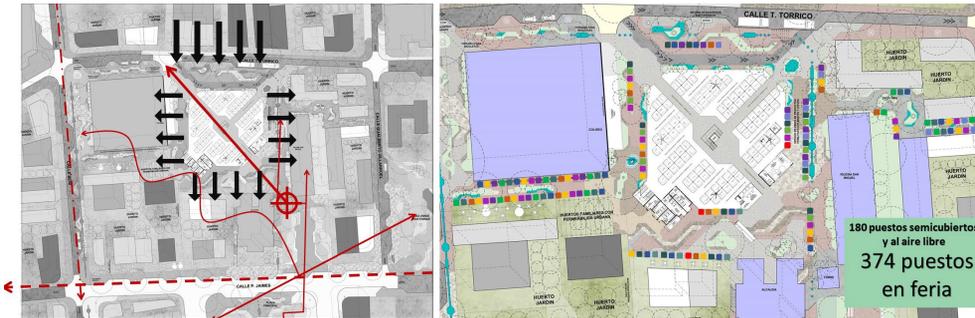
Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

Urbanizando entornos vitales

El proyecto urbano en el distrito 4 de Tiquipaya utilizó las franjas de seguridad de los ríos Tolavi y Khora para crear parques lineales, alcanzando 10 m² de áreas verdes por habitante. Además, el diseño incorpora aceras amplias, ciclovías y zonas de descanso, tomando el ejemplo de la intervención en Colombia en la que se privilegia el uso de la bicicleta; el diseño promueve el uso y apropiación segura de los espacios públicos (Tabla 8).

Figura 14

Esquema de accesibilidad y fuerzas del lugar del mercado - esquema de disposición de puestos de ventas en días de feria



Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

El Mercado corazón palpitante de Tiquipaya

El diseño arquitectónico del mercado actúa como un elemento articulador, integrándose con calles, plazas y espacios públicos, evitando conceptos genéricos como los de mercados modernos desconectados de la cultura local. Basado en el análisis del sitio y las necesidades de los usuarios, el diseño se centra en una idea generadora clave: la "articulación" (Figura 14).

El diseño interno del mercado fomenta la integración mediante la sectorización por afinidad de productos, agrupando rubros en torno a ejes de circulación principal. Esto facilita la navegación de los visitantes y crea sinergias entre comerciantes, enriqueciendo la experiencia del usuario.

El proyecto incorpora espacios que promueven la interacción y convivencia social (Tabla 8). Ejemplos destacados son la guardería, que brinda un entorno seguro para los hijos de los comerciantes,

Figura 15

Vista interior del mercado y vista exterior de puestos semi cubiertos en días de feria



Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

y la plaza de comidas, que funciona como un espacio de intercambio cultural y social, trascendiendo lo meramente alimenticio.

Los ambientes interiores destacan por sus generosas proporciones, con amplias circulaciones y áreas de permanencia diseñadas a escala colectiva. Estos espacios, similares a plazas y calles, refuerzan el sentido de pertenencia y la apropiación del mercado como un espacio público dinámico y comunitario (figura 15).

La calidad espacial del mercado no solo radica en sus dimensiones, sino también en la iluminación y ventilación natural. El diseño de la cubierta y las aberturas estratégicas permiten una iluminación homogénea y confortable, evitando los problemas comunes de otros mercados, como el 25 de mayo en Cochabamba, que sufre de calor, incomodidad y falta de higiene por mantenimiento insuficiente y hacinamiento.

La experiencia social y la permeabilidad son esenciales en un mercado. Los productos deben estar visibles, accesibles y reconocibles, generando una interacción cercana entre comerciantes y clientes. A diferencia de los supermercados, donde la organización y limpieza prevalecen, pero carecen de personalización y vínculos interpersonales, el mercado tradicional ofrece un ambiente único, marcado por el entrañable: "¿Qué más te doy caserito?".

Perspicacia Tecnológica

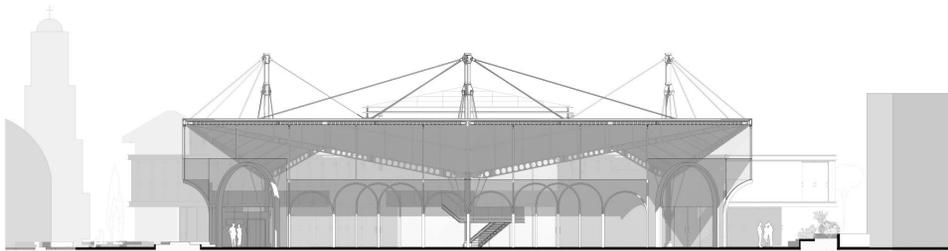
La tecnología en el diseño del mercado es protagonista, integrando soluciones estructurales innovadoras que armonizan con el contexto y refuerzan la relación entre forma, función y espacio. El proyecto explora el diseño en estructuras metálicas, resolviendo con precisión los encuentros y articulaciones. A diferencia de otros equipamientos, el mercado expone su estructura, junto con cableados y tuberías, como una obra de arte de ingeniería, mostrando un enfoque ordenado y honesto (figura 11).

La estructura del mercado es un elemento visible y esencial en su expresión arquitectónica (Figura 16). Los voladizos de la cubierta, los perfiles esbeltos y las uniones metálicas del mercado barrial de Tiquipaya aportan ligereza y elegancia (Figura 17), en contraste con mercados como el 25 de mayo en Cochabamba (Hinke, 1925), que, aunque funcional y emblemático, enfrenta los retos del tiempo y el uso intensivo.

La cubierta, con paneles permeables, controla la entrada de luz natural, reduciendo la dependencia de iluminación artificial y mejorando el confort visual (figura 17). Este diseño planificado contrasta con casos como el mercado "La Pampa", que, por su autoconstrucción desordenada, sufre de focos de calor, plagas,

Figura 16

Elevación norte del mercado barrial de Tiquipaya junto a la iglesia San Miguel y el coliseo deportivo



Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

Figura 17

Vista noroeste del mercado, ingreso principal hacia la torre de la iglesia de San Miguel y plaza principal



Fuente: Aranibar y Cabrera, 2023

riesgos de incendio y alta delincuencia, destacando únicamente por su conexión cultural como parte de “La Cancha” (Tapia Callao, 2020).

Conclusiones

El análisis del sitio destacó al clima y al agua como elementos fundamentales de la identidad de Tiquipaya, cuya relevancia se ha visto reducida debido al mal manejo urbano de las calles. Estos aspectos, junto con la presencia patrimonial de la torre y la plaza principal, fueron considerados elementos clave en el diseño, orientado hacia su revalorización para integrarlos plenamente en la experiencia cotidiana de la ciudad.

La interacción con los usuarios fue esencial para guiar las decisiones de diseño. Las necesidades y aspiraciones de comerciantes, amas de casa y otros actores locales moldearon las propuestas, asegurando que el proyecto respondiera directamente a su contexto. Este enfoque participativo permitió diseñar un mercado que refleja las tradiciones locales y fomenta el sentido de comunidad.

El enfoque eco social fue el eje estructurador del diseño urbano, arquitectónico y tecnológico, priorizando estrategias que integran al peatón, la naturaleza y los vínculos comunitarios. La filosofía de "barrio ciudad" posicionó al mercado como un nodo vital, no solo en términos de abastecimiento, sino como un espacio de cohesión social, eficiencia y sostenibilidad.

El sistema estructural metálico, validado en SAP2000, combinó funcionalidad, sostenibilidad y estética. Esta solución, junto con la organización del espacio y el diseño inclusivo, trasciende las funciones convencionales del mercado, promoviendo un entorno más dinámico, accesible y respetuoso con la identidad local. En conjunto, el proyecto revitaliza el centro histórico de Tiquipaya y sirve como modelo para un desarrollo urbano más inclusivo y sostenible.

Referencias



Bernabé, A., Condori, E., Martínez, F., Valencia, G., & Arrázola, R. (2003). *Las ferias campesinas: Una estrategia socioeconómica*. Programa de investigación estratégica de Bolivia.

Canedo, J. H. (2024). *Guía aprendizaje de diseño urbano y taller de diseño urbano*. Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat, Universidad Mayor de San Simón.

Canedo, J. H., Guzmán, C. F., Guzmán, N., & Marcus, P. Z. (2023). *Morfosíntesis regenerativa eco social & proceso de diseño*. Taller de Diseño V "Línea A", FAYCH-UMSS:

Engel, H. (2018). *Sistemas de estructuras*: Editorial Gustavo Gili.

Gehl, J. (2010) *Las dimensiones humanas en espacios públicos*. Ministerio de vivienda y Urbanismo, Gobierno de Chile

Gallardo F.L. (2015). *Metodología de análisis del contexto: aproximación interdisciplinar*. En VII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo.

García, F. (2023). *Aproximándonos a la "A" (algunos acontecimientos de su trayectoria)*. Instituto de Investigación de Arquitectura, Universidad Mayor de San Simón.

Global Designing Cities Initiative, (2016) NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS Publicado por acuerdo con Island Press. LEMOINE EDITORES

Hart, F., Henn, W., & Sontag, H. (1976). *Atlas de las construcciones metálicas*. Editorial Gustavo Gil, Barcelona.

Méndes Da Rocha, P. (2021). *La técnica y Arte de Construir* Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidade Presbiteriana Mackenzie Revista EN BLANCO. N° 15. Valencia, España.

Norberg-Schulz, C. (1979). *Genius loci: Towards a phenomenology of architecture*. Rizzoli.

Ordaz, N. S., Garrido, D. M. T., & Martí, D. R. (2018). *Mercados públicos tradicionales: Repensando su función articuladora de la vida urbana*. Red Universitaria de urbanismo y Arquitectura (RUA) Facultad de Arquitectura de Xalapa, Universidad de Veracruz

Vitruvio. (1999). *De architectura* (M. H. Morgan, Trad.). Dover Publications. (Original publicado en el Siglo I a.C.).

Artículos en línea:

Araníbar, C. y G. Cabrera. (2023), Mercado Barrial para Tiquipaya. Memoria de proyecto de grado para optar al título de licenciatura en Arquitectura, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba Bolivia https://drive.google.com/file/d/1Yua-F2rNuXbF2bF0t15Zzz-ob50q4BycB/view?usp=drive_link

Foster N. y Parthes (1981), Renault Distribution Centre. <https://www.fosterandpartners.com/projects/renault-distribution-centre>

Mercado Roma / Rojkind Arquitectos + Cadena y Asociados. (2015, marzo 6). ArchDaily En Español. <https://www.archdaily.cl/cl/763327/mercado-roma-rojkind-arquitectos>

Mercado Municipal de Braga / APTO Architecture. (2023, enero 20). ArchDaily En Español. <https://www.archdaily.cl/cl/995099/mercado-municipal-de-braga-pto-architecture>

Parada, J. L. (2021, 1 de octubre). Mercados Tradicionales. Banco Internacional de Desarrollo., <https://youtu.be/TPrZGI-GpXNA>

PTDI Tiquipaya. (2017). Plan territorial de desarrollo integral. <https://drive.google.com/file/d/15gVk-SVUuwYVLYwyaTVxf-Qt-JYAcR-j3/view?usp=sharing>

Ortiz, J. O. y F. Ali. (2020). Intervención calle consciente: Un jardín de colores / Taller Arquiurbano + IAA Studio. ArchDaily. Recuperado de <https://www.archdaily.co/co/950554/intervencion-calle-consciente-un-jardin-de-colores-taller-arquiurbano-plus-iaa-studio>

Tapia Callao, W. (2020, enero 2). Pampa crece sin planificación: vías, casetas y dobles filas. Los Tiempos. <https://www.lostiempos.com/actualidad/cochabamba/20200102/pampa-crece-planificacion-vias-casetas-dobles>

