



## Резюме проекта

### Компания:

Министерство общественных работ Чили

### Решение:

Строительство мостов

### Расположение:

Остров Чилоэ, Льянкиуэ, Чили

### Цели проекта:

- Спроектировать и запустить в эксплуатацию мост стоимостью 740 миллионов долларов, чтобы соединить остров Чилоэ с материковой частью страны.
- Выполнить анализ моста и смоделировать конструкцию для определения ее устойчивости в неблагоприятных природных условиях с высокой сейсмичностью.

### Продукты, использованные в ходе реализации проекта:

RM Bridge, gINT

## Основные факты

- Мост через канал Чакао станет самым длинным висячим мостом в Южной Америке, с 1055-ти и 1,155-метровыми основными пролетами, которые проведут дорогу над каналом Чакао на высоте 50 метров.
- Программное обеспечение Bentley оптимизировало оценку альтернативных вариантов, которые были подготовлены при изменяющихся проектных требованиях, и облегчило обмен рабочими данными и перекрестную проверку среди членов команды.

## РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ИНВЕСТИЦИЙ

- Глобальный анализ с RM Bridge сэкономил время и снизил затраты путем упрощения обмена информацией с другим программным обеспечением.
- Детальные исследования ветра, динамики изменений и сейсмических сценариев помогли повысить качество проектирования моста.
- После завершения проекта в 2020 году мост через канал Чакао повысит качество жизни, улучшит торговлю и туризм на острове Чилоэ и в портовом городе Пуэрто-Монте.
- Ожидается, что замена нерегулярной паромной переправы через беспокойный канал приведет к рентабельности инвестиций в 6% для правительства Чили.



## RM Bridge оптимизирует проектирование и анализ самого длинного подвесного моста в Южной Америке

Министерство общественных работ Чили использует программное обеспечение Bentley для того, чтобы соединить остров Чилоэ с континентальной частью Чили

### Вера в невероятное

На юге Чили, на побережье провинции Льянкиуэ, жители острова Чилоэ смогли сохранить уникальную культуру и традиции. Этот изолированный анклав славится своими прибрежными городами с красочными домами, построенными на сваях, церквями 17-го века, которые были включены во Всемирное наследие ЮНЕСКО, а также национальными парками с богатой морской жизнью. Но добраться до острова и вернуться обратно местные жители и гости города могут только, заказав билет на ненадежный паром для 45-минутной поездки по опасному каналу Чакао.

Министерство общественных работ Чили (МОР) в 90-х годах разработало концепцию моста, который соединяет остров Чилоэ с портовым городом Пуэрто-Монте в континентальной части страны. После прохождения длительных процедур согласования контракт на проектирование и строительство моста стоимостью 740 миллионов долларов был заключен в феврале 2014 года. По окончании строительства в 2020 году мост через пролив Чакао, общей протяженностью 2,75 километров, станет самым длинным подвесным мостом в Южной Америке. Асимметричная конструкция будет представлена основными пролетами протяженностью 1055 и 1155 метров и тремя пилонами, которые достигают 157, 175 и 199 метров в высоту. Четырехпропосная проезжая часть пройдет на высоте 50 метров над бушующими водами канала.

Министерство общественных работ Чили несет ответственность за все аспекты общественной инфраструктуры в Чили, в том числе и осуществляет надзор за международным консорциумом, которому поручено выполнение сложных инженерных и строительных задач с учетом высокой сейсмической опасности региона, сильных течений, глубокого канала и сильных ветров. Консорциум Consorcio Puente Chacao состоит из Hyundai (Южная Корея), OAS (Бразилия), Aas-Jakobsen (Норвегия) и Systra (Франция). Департамент дорог Министерства общественных работ, который отвечает за дорожную сеть в Чили, отвечает за качество проектирования, надежность применяемых конструкций и соблюдение технологии строительства моста. Местные консультанты осуществляют независимую экспертизу проекта.

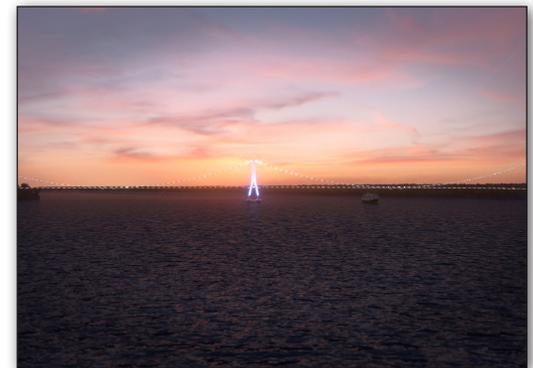
### Решение проблем, связанных с местоположением строительства

Финансируемый правительством Чили мост Чакао, как общественный инфраструктурный объект, включает в себя три ключевые составляющие проекта: подвесной мост, подъездные дороги и зону технического обслуживания. Напряженный 84-месячный график требовал быстрой оценки альтернатив проектирования, оптимизированного анализа

проекта, согласованных рабочих процессов и ускоренной отчетности. Министерство общественных работ использовало Bentley RM Bridge, чтобы сэкономить время и сократить затраты. Приложение используется для проектирования и расчета мостов, симуляции строительства и определения устойчивости конструкции во время сейсмического воздействия в сочетании с другими негативными природными явлениями. Это ускоряет массивные аналитические расчеты и автоматизирует решение сложных проектных и инженерных задач.

Когда в 2014 году начались работы, проектная группа столкнулась с необходимостью решения нескольких экстремальных задач в проектировании многопролетного подвесного моста через Чакао. Место проекта находится в отдаленном районе Лос-Лагоса, в 1100 км к югу от Сантьяго. Канал отделяет 200-километровый остров от материка, но оба земельных массива являются частью прибрежной зоны высокой сейсмичности. Мост находится всего в 80 километрах от зоны разлома, где катастрофическое землетрясение магнитудой 9,5 баллов обрушилось на Вальдивию, Чили, в 1960 году. В 2010 году землетрясение силой 8,8 баллов разразилось в акватории Консепсьона, около 650 км к северу. Сейсмическая активность региона была наиболее сложным фактором при проектировании.

Кроме того, канал подвержен критическим ветрам силой до 208 километров в час, а морские течения достигают 9,7 узлов или 18 километров в час, с 8-метровыми волнами. Глубина канала достигает 120 метров. Скала посередине канала выступает достаточно, чтобы обеспечить опору для центрального пилона, но его вес создает проблемы с просадкой природного основания.



Мост отличают главные пролеты длиной 1.055 и 1.155 метров, которые проведут дорогу над каналом Чакао на высоте 50-ти метров.

«RM Bridge был очень мощным инструментом для решения сложных задач проектирования моста Чакао, который позволил улучшить процесс проверки и обеспечил высокое качество реализации проекта. Это программное обеспечение является отличным платформенным нововведением.»

— Инж. Матиас Валенсуэла, ведущий научный сотрудник, Министерство общественных работ Чили.

**Узнайте больше о Bentley на сайте [www.bentley.com](http://www.bentley.com)**

#### Связаться с Bentley

1-800-BENTLEY (1-800-236-8539)  
За пределами США + 1 610-458-5000

#### Офисы компании во всем мире

[www.bentley.com/contact](http://www.bentley.com/contact)



*Программное обеспечение Bentley оптимизировало оценку альтернативных вариантов, которые были подготовлены при изменяющихся проектных требованиях, и облегчило обмен рабочими данными и перекрестную проверку среди членов команды.*

### Быстрый и точный анализ

Для того, чтобы обеспечить безопасность и удобство эксплуатации моста в этих условиях и соблюсти строгие экологические требования по защите местной флоры и фауны, охране археологических зон и аборигенного сообщества, проектная группа выполнила глубокий анализ параметров ускорения, скорости и смещения при землетрясении во времени с помощью RM Bridge, в основе которого лежит многолетний опыт инженерных исследований. Были проанализированы факторы, влияющие на линейные, нелинейные, статические и динамические модели поведения, в их числе были батиметрические, геодезические, геологические, геотехнические, сейсмические, топографические и аэродинамические факторы. Министерство общественных работ воспользовалось gINT для оптимизации управления данными и отчетностью для геотехнических и геоэкологических работ.

Симулятор аэродинамической трубы комплекса RM Bridge позволил исследовать аэродинамическую устойчивость моста как его отдельных частей (пролетное строение, пилоны, ваны), так и всего моста в целом. Министерство общественных работ использовало расширенные возможности аэродинамического анализа в RM Bridge для проведения гидрогазодинамических исследований. Сейсмический анализ был направлен на особые критерии реагирования как коренных, осадочных горных пород, так и грунта. Влияние волновых воздействий в случае возникновения цунами также должно было быть принято во внимание. Этот комплексный вероятностный анализ сейсмической опасности (PSHA) определил реакцию конструкции на сейсмическую активность.

Проектирование моста Чакао было выполнено с учетом сейсмических критериев проектирования, согласно нормам проектирования мостов AASHTO LRFD (2012), в сочетании с чилийскими стандартами (NCH), японскими нормативами и Евро-кодами. Принимая во внимание суровые условия окружающей среды, функции параметрического анализа приложения RM Bridge сократили время, необходимое для оценки альтернативных вариантов и проверки конструкции. ПО RM Bridge проявило себя как мощный инструмент для проверки сложных конструкций с быстрой адаптацией под местные условия, которые требуют изменений в конструкции.

«RM Bridge послужил очень мощным инструментом для решения сложных задач проектирования моста в Чакао, улучшая процесс контроля и обеспечивая высочайшее качество проектирования и строительства», – сказал Матиас Валенсуэла, ведущий научный сотрудник, Министерство общественных работ Чили. «Это программное обеспечение является отличной платформой для инноваций».

### Экономичное проектирование моста

RM Bridge помог решить вопросы, которые возникли во время строительства из-за суровых условий. Поскольку мост асимметричен, с двумя пролетами разной длины, три опоры осуществляют распределение неравномерных нагрузок. Центральный 175-метровый пилон, в форме перевернутого Y, стал центром усилий для решения сложной задачи по смягчению последствий от проседания горной породы в середине канала. Проблема была решена с помощью передовых возможностей RM Bridge для анализа ветровой нагрузки. Трехмерный автоматический анализ позволил оценить альтернативные варианты и улучшить очертания центрального пилона.

По завершению строительства Министерство общественных работ будет нести ответственность за эксплуатацию и техническое обслуживание моста. Министерство общественных работ поручило проектной группе рассмотреть эффективность эксплуатации, технического обслуживания и экономичности в конструкции моста. Министерство ожидает, что затраты на жизненный цикл этого инфраструктурного актива будут оптимизированы. В целом, Министерство общественных работ считает, что качественное проектирование этого многопролетного подвесного моста стало возможным благодаря тому, что команда использовала самые передовые приложения для инженерного проектирования мостов.

Мост через канал Чакао, срок службы которого более 100 лет, свяжет индустриальную и традиционную части страны, повысит качество жизни, улучшит торговлю и туризм на острове Чилоэ и в портовом городе Пуэрто-Монте. Мост заменит нерегулярные паромы через беспокойный канал и сократит поездки до считанных минут. Улучшение доступа и мобильности между материком и островом будет стимулировать приток специалистов, которые приедут жить и работать в эту область. Мост будет также служить в качестве трубопроводного канала пресной воды, электроэнергии и линий связи, давая новые возможности для развития острова. В конечном счете, мост Чакао соединит остров Чилоэ с системой дорог Чили, объединяющей общины острова с остальной частью страны. Правительство Чили прогнозирует развитие торговли с 6-процентной социальной отдачей от инвестиций в регионе.

Мост через канал Чакао является знакомым проектом, поскольку это первый подвесной мост в Чили. Он представляет собой возможность для обмена технологическими ноу-хау между Министерством общественных работ и партнерами, участвующими в консорциуме, и демонстрирует, что Чили обеспечивает благоприятный деловой климат для развития крупномасштабных проектов.